

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra výrobních strojů a konstruování

Zařízení pro vrhání míčků na stolní tenis

Table tennis ball serving machine

Student:

Mikuláš Pustka

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Tomáš Hapla

Ostrava 2018

Zadání bakalářské práce

Student: **Mikuláš Pustka**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2302R010 Konstrukce strojů a zařízení
Specializace: 21 Konstrukce výrobních strojů a zařízení
Téma: **Zařízení pro vrhání míčků na stolní tenis**
Table Tennis Ball Serving Machine

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Vypracujte konstrukční návrh zařízení pro vrhání míčků na stolní tenis. Zařízení musí umožňovat vrhání míčku po celé hrací ploše stolu pro stolní tenis a musí být schopno vrhnout míček o jakékoliv rotaci, včetně tzv. prázdného míčku. Součástí zařízení je zásobník na míčky a také prvek pro zpětné zachytávání míčků do zásobníku. Zařízení se musí uchytit na hrací desku stolu. Pro návrh použijte především jednoduché mechanismy.

Výchozí parametry:

- určeno pro nový typ plastových míčků 40+ schválených ITTF,
- hmotnost míčku 2,7 g,
- maximální rychlost vrhání: 120 míčků za minutu,
- možnost udělení jakékoliv rotace míčku,
- zásobník na 100 míčků,
- hmotnost zařízení do 10 kg.

Seznam doporučené odborné literatury:

KALÁB, K. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře – části spojovací*. Ostrava: Ediční středisko VŠB Ostrava, 2007, 90 s. ISBN 978-80-248-1290-8
ŠVEC, V. *Části a mechanismy strojů - příklady*. Praha: ČVUT, 2008, 122 s. ISBN 978-80-01-04137-6
LEINVEBER, J., VÁVRA, P. *Strojnické tabulky*. Úvaly: Albra, 2008, 914 s. ISBN 978-80-7361-051-7

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Tomáš Hapla**

Datum zadání: 08.12.2017

Datum odevzdání: 21.05.2018



doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 21. května 2018



.....

Podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem si vědom, že na tuto moji závěrečnou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. Zákon o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (dále jen Autorský zákon), zejména § 35 (Užití díla v rámci občanských či náboženských obřadů nebo v rámci úředních akcí pořádaných orgány veřejné správy, v rámci školních představení a užití díla školního) a § 60 (Školní dílo),
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo užít tuto závěrečnou bakalářskou práci nekomerčně ke své vnitřní potřebě (§ 35 odst. 3 Autorského zákona),
- bude-li požadováno, jeden výtisk této bakalářské práce bude uložen u vedoucího práce,
- s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 Autorského zákona,
- užít toto své dílo, nebo poskytnout licenci k jejímu využití, mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše),
- beru na vědomí, že – podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů – že tato bakalářská práce bude před obhajobou zveřejněna na pracovišti vedoucího práce, a v elektronické podobě uložena a po obhajobě zveřejněna v Ústřední knihovně VŠB-TUO, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 21. května 2018



Podpis autora práce

Jméno a příjmení autora práce:

MIKULÁŠ PUSTKA

Adresa trvalého pobytu autora práce:

KOZLOVICE 877, 739 47

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

PUSTKA, M. *Zařízení pro vrhání míčků na stolní tenis: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2018, 63 s. Vedoucí práce: Hapla, T.

Bakalářská práce se zabývá konstrukčním návrhem zařízení pro vrhání míčků na stolní tenis. V úvodní teoretické části jsou porovnány různé druhy vrhacích zařízení a je čtenářům přiblížena problematika stolního tenisu. Při samotném navrhování zařízení byl použit obecný model postupu při konstruování vydaný od Vladimíra Hubky. Na to volně navazuje praktická část, kde jsou vysvětleny a v obrázcích zobrazeny jednotlivé části vrhacího zařízení. Součástí práce je pevnostní analýza uchycení zařízení pomocí metody konečných prvků. V příloze se nachází výkresová dokumentace a další dovysvětlující obrázky některých částí zařízení.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

PUSTKA, M. *Table tennis ball serving machine: Bachelor Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machines and Design, 2018, 63 s. Thesis head: Hapla, T.

This Bachelor's Thesis deals with the design of machine for serving table tennis balls. In the introductory theoretical part, different types of these machines are compared and the readers get familiar with the table tennis issue. When designing the machine, a general modeling procedure was used. This is followed by the practical part, in which the individual parts of the throwing machine are explained and depicted in the pictures. The thesis also includes the strength analysis of the attachment of the machine using the finite element method. Attachment contains the drawing documentation and other explanatory illustrations of some parts of the machine.

Obsah

Seznam použitých značek	9
Úvod	10
1 Rozbor problematiky stolního tenisu a rešerše	11
1.1 Rešerše	12
1.1.1 Joola TT Buddy Pro V300	13
1.1.2 Practice Partner 20	14
1.1.3 Donic Robopong 2050	15
1.1.4 Oukei TW-2700-S9	16
1.1.5 Paddle Palace A32W Pro	17
1.1.6 Butterfly Amicus Professional	18
1.2 Shrnutí rešerše	19
2 Výběr nejlepší varianty zařízení	20
2.1 Upřesnění zadání	20
2.2 Požadavkový list	20
2.2.1 Funkce a účinky	20
2.2.2 Funkční parametry	21
2.2.3 Provozní vlastnosti	21
2.2.4 Ergonomické a ekologické vlastnosti	22
2.2.5 Vzhledové vlastnosti	22
2.2.6 Distribuční vlastnosti	22
2.2.7 Vhodnost pro rychlé dodání	23
2.2.8 Respektování zákonů, předpisů a norem	23
2.2.9 Vhodnost pro výrobu	23
2.2.10 Ekonomické vlastnosti	23

2.2.11	Vhodnost pro likvidaci.....	24
2.2.12	Konstrukční vlastnosti	24
2.3	Kritéria na výběr konceptu	24
2.4	Transformační proces – černá skříňka	25
2.5	Technický proces.....	25
2.6	Funkční struktura – základní hierarchický strom	26
2.7	Morfologická matice	27
2.8	Výběr nejlepší varianty řešení	28
2.9	Hrubá stavební struktura	29
3	Návrh konstrukce	30
3.1	Celkový návrh zařízení	30
3.2	Princip fungování zařízení na vrhání míčků	31
3.3	Uchycení zařízení	33
3.4	Transportní trubka pro míčky	37
3.5	Hnací soustava	37
3.6	Zásobník	41
3.7	Zachytávací prvek	42
3.8	Otáčející mechanismus	44
3.9	Vrhací hlava.....	49
3.10	Zakrytí vrhací hlavy	50
4	Závěrečná doporučení.....	52
5	Závěr	53
	Poděkování.....	54
6	Seznam literatury	55
7	Seznam příloh	59
8	Seznam ilustrací a tabulek	60

Seznam použitých značek

<u>Značka nebo symbol</u>	<u>Význam značky nebo symbolu</u>	<u>Jednotky</u>
a'	Předběžná osová vzdálenost	[mm]
a_{sk}	Skutečná osová vzdálenost	[mm]
z	Počet zubů	[-]
F	Síla	[N]
F_g	Gravitační zrychlení	[m/s ²]
m	Hmotnost	[Kg]
σ	Mechanické napětí	[Pa]
t	Rozteč zubů řemenu	[mm]
d_w	Roztečný průměr	[mm]
L'_w	Teoretická délka řemenu	[mm]
L_w	Skutečná délka řemenu	[mm]

Úvod

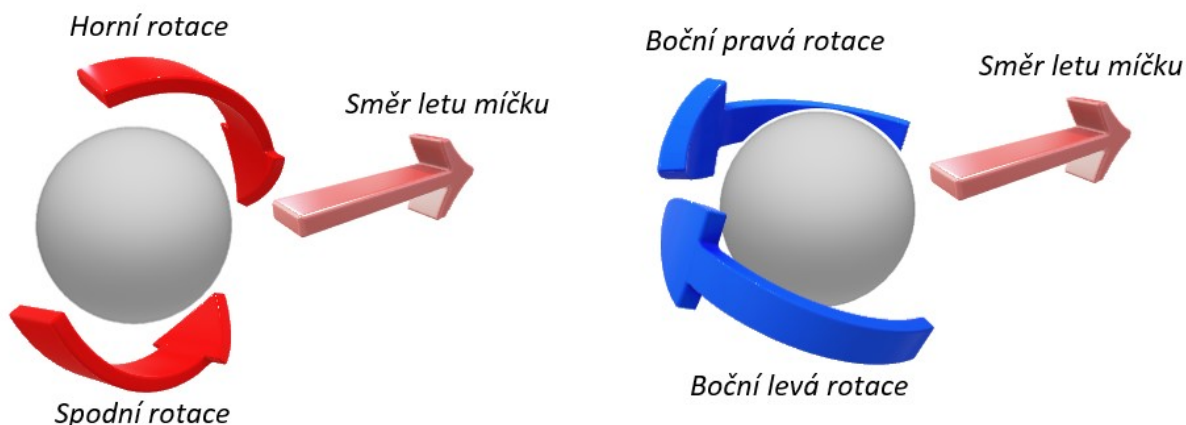
Zařízení pro vrhání míčků je velice oblíbená a běžná pomůcka při tréninku stolního tenisu. Často se využívá k tréninku malých a začínajících dětí, kdy je potřeba míče vrhat vždy přesně na jedno místo, o stejné razanci a rotaci. Děti jsou tak schopny se naučit rychleji techniku různých úderů. Pokročilí hráči naopak při tréninku potřebují, aby zařízení vrhalo míče o odlišné rotaci, rychlosti a do různých míst na hrací ploše. Výhodou tréninku s vrhacím zařízením jak pro děti, tak i pro vyspělé hráče, je velká přesnost vržených míčků. Zařízení málokdy hodí míč za stůl či do sítě, proto je zaručena vysoká herní intenzita. Další nespornou výhodou je, že zařízení dokáže velice dobře nahradit protihráče.

Cílem této bakalářské práce je navržení konstrukčního řešení, které dokáže vrhat míče o jakékoliv rotaci na druhou polovinu hracího stolu, než na které je zařízení upevněno. Návrh musí umožnit co největší napodobení trajektorie letu a rotace míčku, jako při klasické hře s protihráčem. Součástí návrhu je také prvek na zachycení míčků neboli zachytávací síť, která dokáže zachytit míčky, které hráč dobře odehraje zpět.

1 Rozbor problematiky stolního tenisu a řešerše

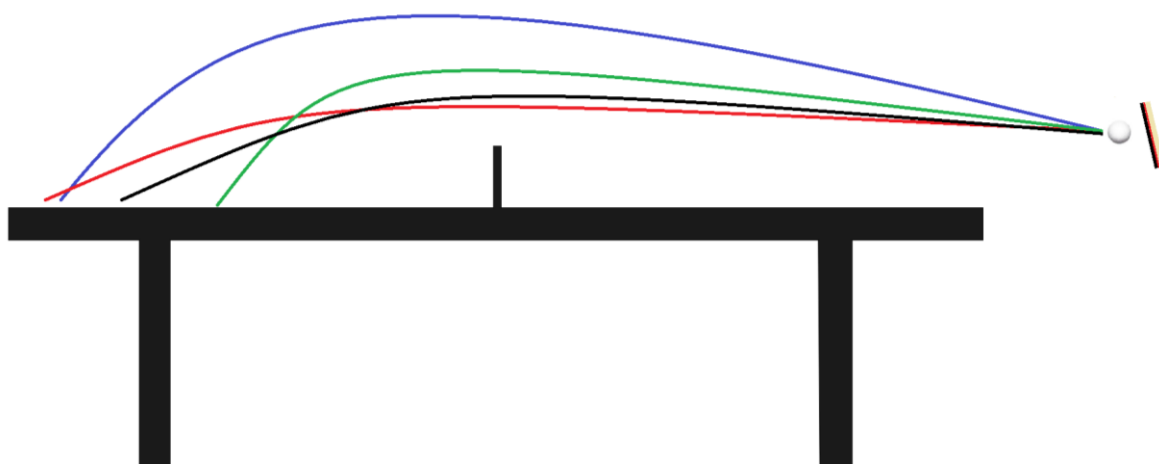
V samém úvodu této práce je nutno Vás čtenáře seznámit s profesionálním stolním tenisem a jeho problematikou. Určitě jako první věc, kterou si mnoho lidí představí, když zazní stolní tenis nebo ping – pong je přehazování nebo pinkání míčku přes sítku na druhou polovinu stolu. Ovšem profesionální stolní tenis je především o rotaci a rychlosti, kterou hráč udělí míčkům. Samozřejmě je nutné pro to mít potřebné vybavení, tím je myšleno profesionální raketu složenou ze dvou potahů a dřeva, které stojí tisíce korun. Tyto potahy a dřeva jsou mnohonásobně rychlejší než obyčejné rakety za pár korun ze supermarketu a dokáží míčkům udělit rotaci až 133 otáček za vteřinu [6].

Ve stolním tenise existuje několik typů rotací. Nejčastěji se vyskytuje horní a spodní rotace míče. Ne vždy je rotace přesně horní nebo spodní, proto často vznikají rotace, kde je převážně vrchní či spodní rotace a míč se točí lehce doprava nebo doleva. Dále je možno také zahrát míč s co největší boční rotací. Prázdný míč neboli úder bez jakékoliv rotace se často používá při servisu. Základní druhy rotací lze vidět na obrázku 1.1.



Obrázek 1.1 - Základní druhy rotací míčku

Rotace značně ovlivňují také trajektorii letu míče. Míče s menší rotací mají spíše plošší dráhu letu a míče s vysokou rotací mají znatelně vyšší oblouk letu. Příklady trajektorií lze vidět na obrázku 1.2. Nutno podotknout, že se jedná o velice zjednodušené vysvětlení, neboť existují stovky typů potahů s rozdílnými vlastnostmi, které se kombinují s různými druhy dřev. Proto vzniká velké množství rozdílných křivek.



Obrázek 1.2 - Trajektorie letu míčku

Dalším důležitým faktorem pro stolní tenis jsou používané míče. Před třemi lety byl změněn typ a velikost míčků. Nově jsou míčky vyráběny z plastového materiálu (velice oblíbený je ABS) místo celuloidu. Míčky byly nepatrně zvětšeny na velikost 40 – 40,6 [mm]. Váha míčku je 2,7 [g]. Kvalita nových plastových míčků je velice špatná, neboť vedení světové asociace stolního tenisu schválilo nový typ míčků dříve, než měli zajištěnou relativně kvalitní výrobu. Velice často jsem se setkával se šišatými míčky. Vrhací zařízení mají proto velký problém umístit míče na stejné místo na hrací desce a je nezbytné vybírat co nejkulatější míče. Nutno zmínit, že každá firma používá trochu jinou směs plastu a jiný typ výroby, proto některým typům míčků lze udělit větší rotace nebo vyšší rychlost.

1.1 Rešerše

Zařízení na vrhání míčků je velice rozšířený produkt po celém světě a existuje spousta variant konstrukčních řešení. V této rešerši jsem ukázal a popsal zajímavé a často prodávané modely zařízení, které jsou dostupné na našem a zahraničním trhu.

1.1.1 Joola TT Buddy Pro V300

TT Buddy Pro V300 (viz obr. 1.3) a na východním kontinentu pod názvem IPONG V300 je zařízení od německé firmy Joola. Pro roztáčení a vrhání míčků jsou použity dva rotující kotouče umístěné naproti sobě. Zařízení umožňuje udělit míčku tři typy rotace: spodní rotaci, silnou horní rotaci a mírnou horní rotaci. Zařízení dokáže rozmístit míče po celém stole. Jedná se o poměrně malé a lehké zařízení. Ustavuje na hrací desku stolu, tudíž není možné do tohoto místa vracet úder, což lze považovat jako malou nevýhodu. Zařízení se ovládá pomocí malého bezdrátového ovladače, na kterém s nachází možnost nastavení frekvence vystřelovaných míčků, velikost horní rotace, velikost spodní rotace, rozsah oscilace a vypnutí/zapnutí zařízení. Tento produkt nemá síť na zachytávání míčků, tudíž je hráč nucen doplňovat míčky po relativně krátké době. Uživatelské recenze a ohlasy na toto zařízení nejsou příliš pozitivní. Míče často nelétají přesně na určené místo na hrací ploše a po krátké době prý dochází k výraznému úbytku rotace vrhnutého míče [7].

Technické parametry:

- zásobník na 100 míčků,
- frekvence vystřelování 12–70 [míčků/min],
- 3 druhy rotací,
- hmotnost 1,1 [Kg],
- rozměry: 480 x 280 x 280 [mm],
- orientační cena: 6 500 [Kč].



Obrázek 1.3 - Joola TT Buddy Pro V300 [8]

1.1.2 Practice Partner 20

Tento výrobek je identický s Y&T V-981 Robot (viz obr. 1.4), jen jsou odlišeny barevným provedením. K roztáčení a vystřelování míčku je použito jedno rotující kolo, tudíž vrhací zařízení je schopno vystřelovat 8 různých rotací. Nicméně uživatel musí manuálně otočit s vystřelovací hlavou, tak aby bylo dosaženo potřebné rotace. Tento produkt podobně jako Joola TT Buddy V300 neobsahuje síť na zachytávání míčků, a proto po vyčerpání míčků v zásobníku je hráč nucen doplnit zásobník. Zařízení se umísťuje na hrací plochu a také lze nastavit výšku vystřelovací hlavy v rozmezí 10 centimetrů. Vrhací hlava umožňuje oscilaci po celé hrací ploše. Ovládání je zajištěno kabelovým ovladačem, kterým lze nastavit velikost rotace a rychlost oscilace. Uživatelé s tímto zařízením jsou vcelku spokojeni, až na občasné zasekávání míče ve vrhací hlavě [9].

Technické parametry:

- zásobník na 140 míčků,
- frekvence vystřelování 25–80 [míčků/min],
- 8 druhů rotací,
- hmotnost 7 [Kg],
- rozměry: 320 x 220 x 590 [mm],
- orientační cena: 11 025 [Kč].



Obrázek 1.4 - Practice Partner 20 [10]

1.1.3 Donic Robopong 2050

Další zařízení na vrhání míčků je tento velice populární Robopong 2050 (viz obr. 1.5). Jedná se o nejlepší verzi od německé firmy Donic, a také nejprodávanější zařízení u nás. Míč je roztáčen pomocí jednoho kotouče, kterým dá míči potřebnou rotaci a rychlost. Je umožněno otáčení vystřelovací hlavy do stran a také nahoru a dolů. Zařízení může vrhat 8 druhů rotací, ale opět jako u předchozího zařízení, je vždy nutné otočit vystřelovací hlavu, abychom mohli změnit rotaci. Velkou výhodou je možnost nastavení kombinace vystřelování míčků o dané rotaci, například: krátký míč za síť, dlouhý míč do backhandu a následně dlouhý míč do forehandu. Uživatel si může libovolně vybrat z přednastavených 64 kombinací, které si poté může změnit pomocí softwaru v počítači. Zařízení je zavěšeno na stole. Součástí je síť na míčky a velký zásobník. Ovládání je zajištěno kabelovým ovladačem s displejem. Mé zkušenosti s tímto zařízením jsou pozitivní, avšak jako nevýhodu vnímám nemožnost změnu rotace v průběhu kombinace. Vystřelování míčků je přesné. Je nutno zmínit, že zařízení se nám několikrát pokazilo, a to také potvrzují informace od stolně tenisového prodejce o častých reklamách tohoto produktu [11].

Technické parametry:

- zásobník na 300 míčků,
- frekvence vystřelování 1–170 [míčků/min],
- 8 druhů rotací,
- hmotnost 8 [Kg],
- orientační cena 21 000 [Kč].



Obrázek 1.5 - Donic Robopong 2050 [12]

1.1.4 Oukei TW-2700-S9

Toto zařízení (viz obr. 1.6) má oproti výše uvedeným dvě vrhací hlavy a míče jsou v každé hlavě roztáčeny dvěma rotujícími kotouči. Výhoda dvou vrhacích hlav je především v rozdílem nastavení rotace v každé hlavě. Tedy v kombinaci lze uplatnit oba druhy rotace. Směr rotace se musí opět nastavit manuálně natočením hlavy. Vrhací hlava dokáže umístit míče po celé šíři hrací plochy. Balení zahrnuje také síť na zachytávání míčků. Celé zařízení je na otočných kolečkách. Součástí produktu je taky nespočet předvolených herních a servisovacích kombinací. Sám uživatel si může nastavit 5 různých kombinací, dle svých požadavků. Zařízení se ovládá pomocí velkého ovládacího panelu, který je umístěn na zadní straně. Uživatelé si tento produkt chválí, ovšem negativně reagují na složitost ovládacího panelu [13].

Technické parametry:

- zásobník na 150+ míčků,
- frekvence vystřelování 30–100 [míčků/min],
- 9 druhů rotací,
- hmotnost 24 [Kg],
- orientační cena: 33 600 [Kč].



Obrázek 1.6 - Oukei TW-2700-S9 [14]

1.1.5 Paddle Palace A32W Pro

Zařízení disponuje jednou vystřelovací hlavou, která pomocí dvou rotujících kotoučů roztáčí a vystřeluje míčky. Zařízení nemá možnost použití programovatelných kombinací. To znamená, že zařízení vždy vystřeluje stejnou rotací do stejného místa, nebo vrhá míče do dvou bodů na stole v určitém úhlu, který si uživatel může nastavit. Směr rotace si uživatel musí manuálně nastavit pomocí otočení hlavy. Velikost rotace a frekvenci vrhání míčků si uživatel může změnit na kabelovém ovladači. Zařízení má k dispozici dostatečně velký zásobník na míčky a zachytávací síť. Celé zařízení je stabilně ustaveno pomocí tří nohou, na kterých jsou upevněny otočná kolečka. Uživatelé si tento produkt pochvalují. Hlavní výhodou je jednoduchost přístroje a dobrý poměr cena/výkon [15]. Zařízení lze vidět na obrázku 1.7.

Technické parametry:

- zásobník na 150+ míčků,
- frekvence vystřelování 30–85 [míčků/min],
- 9 druhů rotací,
- hmotnost 16 [Kg],
- orientační cena: 14 700 [Kč].



Obrázek 1.7 - Paddle Palace A32W Pro [16]

1.1.6 Butterfly Amicus Professional

Tento produkt (viz obr. 1.8) je z dílny renomované německé firmy Butterfly. Míčky jsou roztáčeny pomocí tří rotujících kotoučů. Zařízení umožňuje vrhat všechny druhy rotace v jedné herní kombinaci. Do paměti přístroje lze nahrát 99 různých kombinací, každá kombinace až o osmi míčích. Samozřejmostí je nastavení všech parametrů míče jako rychlost, druh rotace, umístění a frekvence. Uživatel si může také manuálně nastavit výšky vystřelovací hlavy. Zařízení je poměrně malé a skladné. Přístroj je dodáváný se sítí na míče a také s cestovní taškou pro tento produkt. Hlavní předností oproti jiným produktům je možnost vrhání jakékoliv rotace bez manuálního otočení hlavy. Pro hráče je k dispozici malý kapesní dálkový ovladač pro spuštění kombinace, hráč se tak může v klidu postavit za stůl. Cena zařízení je poměrně vysoká, ovšem odpovídá množství funkcí, a především kvalitě zpracování. Uživatelé si tento produkt velice pochvalují. Jako malou nevýhodu, kterou mi sdělil bývalý reprezentační trenér, je přílišná složitost ovládacího panelu a nutnost nejprve důkladně prostudovat manuál [17].

Technické parametry:

- zásobník na 150+ míčků,
- frekvence vystřelování 20–120 [míčků/min],
- 9 druhů rotací,
- hmotnost 6 [Kg],
- orientační cena: 43 900 [Kč].



Obrázek 1.8 - Butterfly Amicus Professional [18]

1.2 Shrnutí řešerše

Z této řešerše vyplývá, že existuje mnoho typů zařízení na vrhání míčků a v téměř každém zařízení je míč vržen pomocí jednoho či více rotujících kotoučů, které zásadně ovlivňují rozmanitost vržených rotací. V podstatě platí pravidlo čím dražší zařízení, tím větší počet druhů rotací. Důležitá informace pro uživatele je, zda zařízení dokáže samo měnit typ rotace. Ve většině případů musí uživatel manuálně točit s vrhací hlavou a tím dokáže změnit rotaci míčků, to ovšem není vždy požadováno uživatelem.

Ustavení zařízení je několik typů. Většinou se používá ukotvení přímo na hrací stůl nebo pomocí otočných koleček na zem. V prvním případě jsou zařízení lehčí a méně robustní. Naopak při ustavení vrhacího zařízení na zem si může konstruktér dovolit masivnější konstrukci, či více vrhacích hlav. Tato varianta je jednodušší pro přemísťování, ale má větší zastavěný prostor.

Zásobník na míčky je nezbytnou součástí každého zařízení. Čím větší zásobník tím zařízení může déle vrhat míče. U některých vrhacích strojů je zabudována zachytávací síť, která zachytí většinu odehraných míčů zpět a tyto míče jsou pomocí gravitace umístěny do zásobníku. Tímto je zaručeno delší vystřelování míčků a uživatel není nucen často sbírat míče.

Aby zařízení mohla pracovat správně, je nezbytně nutné použití kvalitního softwaru. U některých výrobců se lze setkat s možností, kdy pro technicky totožná zařízení, je možnost použití různých verzí softwarů, který je u levnějších modelů ochuzen o určité funkce. Cena zařízení se pak může významně lišit.

2 Výběr nejlepší varianty zařízení

V tomto tématu bylo cílem se postupně dopracovat k výběru nejvhodnější varianty vrhače míčků, proto bylo nutné učinit několik důležitých kroků. Pro tento výběr nejlepší varianty jsem použil Obecný model postupu při konstruování [4]. V prvním kroku jsem si upřesnil a rozšířil zadání, poté jsem musel důkladně vypracovat požadavkový list, kde se podrobně specifikují požadavky na zařízení. Následně jsem určil kritéria na výběr ideálního konceptu a jednoduše zobrazil transformační proces pomocí černé skříňky. Dále jsem vypsál funkce, které musí zařízení splnit a tyhle funkce jsem zobrazil v základním hierarchistickém stromu neboli funkční struktuře. Nakonec tohoto tématu jsem vypracoval morfologickou matici a vybral nejlepší variantu vrhače míčků.

2.1 Upřesnění zadání

Navrhni zařízení pro vrhání míčků, tak aby zařízení bylo připraveno pro pozdější instalaci ovládání pomocí automatizační techniky. Zařízení musí pracovat, pokud možno co nejtíšeji a bezpečně pro své okolí. Vrháč míčků je určen pro použití v stolně tenisových hernách a prostorech. Je dovoleno použití elektrické energie k pohonu všech komponentů.

2.2 Požadavkový list

Zadání jsem upřesnil v předchozí kapitole a poté, bylo potřeba si doplnit toto zadání o požadavky, které by mělo zařízení splňovat.

2.2.1 Funkce a účinky

- vržení míče po celé hrací ploše protilehlé poloviny stolu,
- zajistit, aby velká část míčů, která bude odehrána zpět směrem k zařízení, byla zachycena a znovu užita k vržení,

- zajistit, aby míče ze zásobníku nevypadávaly,
- zajistit, aby se míčky pomocí gravitace shromažďovaly uprostřed, v nejnižším bodě zásobníku,
- rotace je míčům udělena pomocí rotujících kotoučů,
- zařízení musí být zavěšeno na hrací desce,
- zajistit všechny druhy rotací (vrchní, spodní, boční, kombinace boční a vrchní, kombinace boční a spodní, prázdný míč bez rotace),
- vrhané míče se musí rotací, rychlostí a křivkou letu co nejvíce podobat míčům, které jsou odehrány hráčem,
- zajistit, aby míček po míčku jednotlivě padal pomocí gravitace do dopravní komory,
- požadavek, aby míč byl vrhán ze středu stolu,
- pracovní výška nad zemí: 600-1500 [mm].

2.2.2 Funkční parametry

- dostatečně velký zásobník na 200 míčků o průměru 40 [mm],
- hmotnost celého zařízení (bez míčků) by neměla přesáhnout přes 10 [Kg],
- maximální rychlost vrhání 120 míčků za minutu,
- dostatečný výkon rotujících kotoučů pro vržení míčků do potřebného místa,
- dostatečný výkon hnacího aparátu pro dopravu míčků,
- zařízení se nesmí zhroutit pod vlastní váhou,
- snaha o navržení zařízení, pokud možno s co nejmenší zastavěnou plochou.

2.2.3 Provozní vlastnosti

- zařízení musí spolehlivě vrhat míče o dané rotaci (minimální účinnost 90%),
- pro prostředí o běžné čistotě,
- životnost zařízení minimálně 5 let (uvažuji užití 2 x týdně po dobu 1,5 hodiny),
- nemusí být vhodné u uskladnění,
- je dovoleno užít elektrické energie k provozu,
- vyhnout se napájení pomocí baterií,

- minimální nebo žádné nároky na servis a údržbu,
- maximální hlučnost zařízení 60 [dB],
- snaha o co nejmenší zastavěný prostor,
- snaha o co nejnižší nároky na energii.

2.2.4 Ergonomické a ekologické vlastnosti

- bezpečné používání, uživatel se nesmí zranit při používání,
- jednoduchá ovladatelnost,
- zařízení musí mít dostatečnou stabilitu,
- použité materiály nesmí být zdraví ohrožující pro člověka a okolí,
- respektuje přírodní zákonitosti,
- zařízení nesmí vylučovat emise škodlivé pro člověka a okolí.

2.2.5 Vzhledové vlastnosti

- barevně atraktivní,
- vyhnout se použití bílé barvy u zařízení,
- použít tmavé barvy zachytávacího prvku, tak aby byl v kontrastu s bílou barvou míčku,
- povrch necitlivý k poškození a vhodný pro občasné čištění,
- uspokojivé tvary zařízení,
- zařízení nesmí působit laciným dojmem u uživatele.

2.2.6 Distribuční vlastnosti

- zařízení včetně rozložených částí balit do polystyrénových dílců a následně vše balit do pevné kartónové krabice tvaru hranolu nebo kvádra, tak aby byl použit co nejmenší rozměr krabice,

- zařízení balit v rozloženém a nekompletovaném stavu z důvodu co nejmenších požadavků na zastavěný prostor,
- zařízení bude kompletováno a složeno uživatelem,
- zařízení určeno pro ruční přemísťování a transport zařízení,
- krabice s výrobkem skladovat a převážet na paletě EURO,
- při převážení a dopravě se vyhnout silným rázům a otřesům,
- vyhnout se skladování v teplotách nižší jak 5 [°C].

2.2.7 Vhodnost pro rychlé dodání

- lhůta dodání: listopad 2018.

2.2.8 Respektování zákonů, předpisů a norem

- zařízení musí respektovat zákony, předpisy, směrnice a normy,
- požadavek na neporušení patentových práv.

2.2.9 Vhodnost pro výrobu

- vhodnost pro malosériovou výrobu,
- požadavek na ekonomicky výhodnou výrobu.

2.2.10 Ekonomické vlastnosti

- požadavek na co nejnížší výrobní náklady, plánovaná výroba v České republice,
- požadavek na minimální provozní náklady zařízení z hlediska údržby,
- nízké náklady na doručení,
- vysoká efektivita výroby,
- cena zařízení do 20 000 [Kč].

2.2.11 Vhodnost pro likvidaci

- vhodné pro recyklaci,
- snaha se vyhnout materiálům u kterých není zajištěna recyklovatelnost,
- jednoduchá demontáž a separace.

2.2.12 Konstrukční vlastnosti

- oblé tvary zařízení, tak aby nedošlo k poranění uživatele,
- povrch musí být hladký a přiměřeně lesklý,
- povrch musí být odolný proti poškrábání,
- vysoká rozměrová přesnost komponentů zařízení,
- pokud možno co nejjednodušší tvary,
- zařízení určeno pro profesionální stolně tenisové stoly o rozměrech: šířka 1525 [mm], délka stolu 2740 [mm], výška stolu 760 [mm], výška sítě 152,5 [mm], tloušťka hrací desky 25 [mm], výška hrany výztuhy stolu 70 [mm].

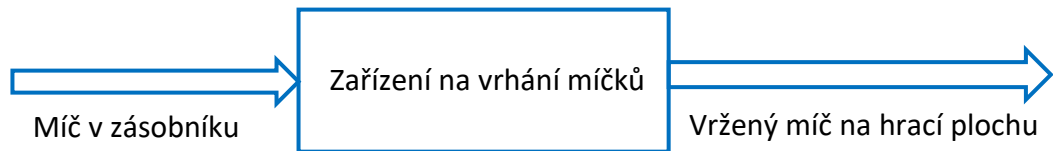
2.3 Kritéria na výběr konceptu

Předem jsem si zvolil kritéria, podle kterých budu vybírat ideální koncept. Také jsem si určil ohodnocení splnění či nesplnění kritérií. Zvolil jsem stupnici od 1 do 5, kdy hodnota 1 je nejlepší a hodnota 5 je nejhorší. Kritéria jsou následující:

- počet míčků v zásobníku,
- zachytávací prvek na míče,
- rozmanitost vrhaných rotací,
- hmotnost,
- celková stabilita,
- rozmístění míčů po hrací ploše,
- frekvence vystřelování,
- velikost zastavěné plochy,
- předpokládané výrobní náklady.

2.4 Transformační proces – černá skříňka

Návrh procesu černé skříňky je pouze s výstupy a vstupy (viz obr. 2.1).



Obrázek 2.1 - Černá skříňka

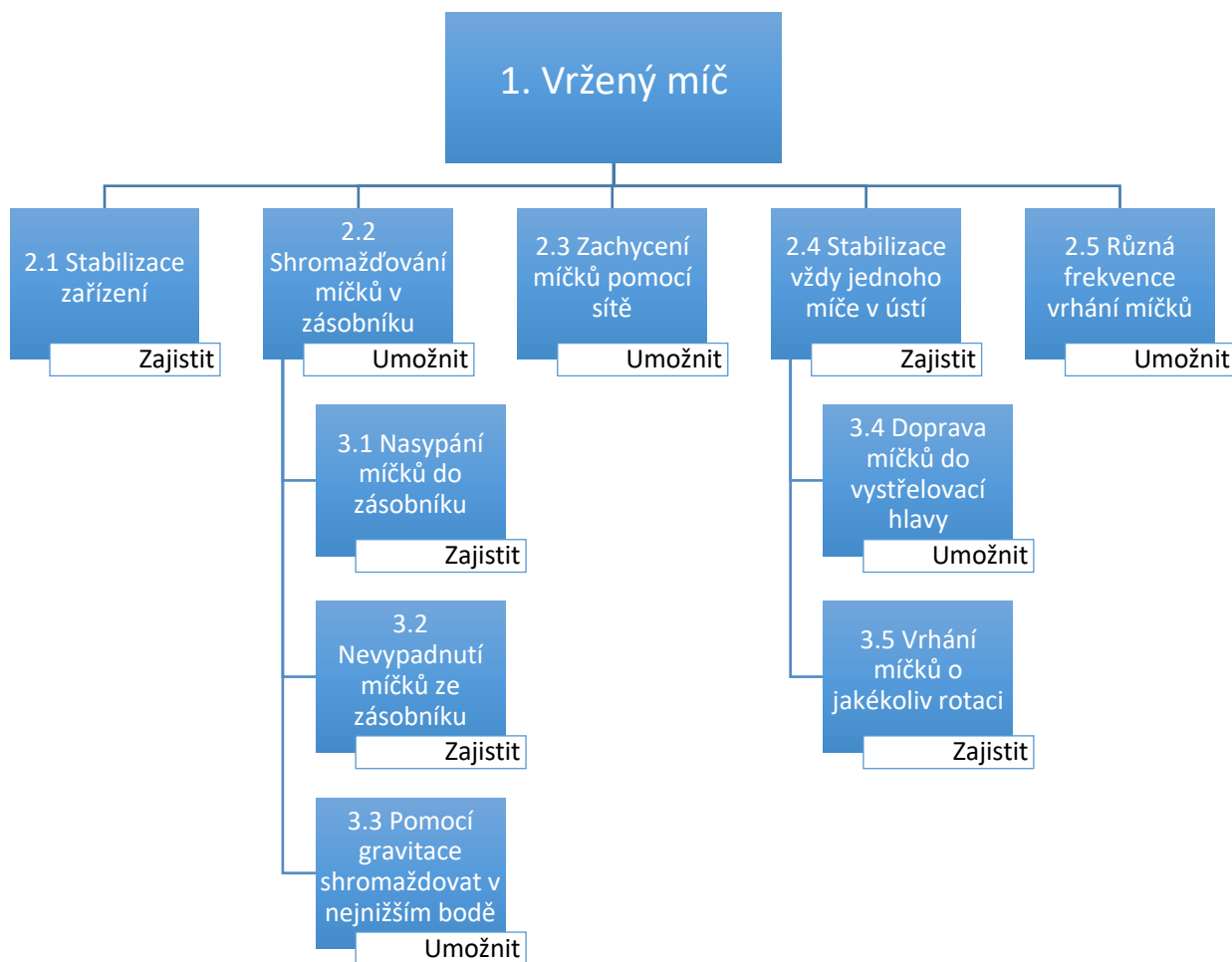
2.5 Technický proces

Zařízení musí splnit následující funkce:

- a) stabilizace celého zařízení na hrací desce stolu,
- b) zajistit nasypání míčků do zásobníku,
- c) zajistit, aby se míčky ze zásobníku nevypadly,
- d) zaručit zachycení míčků pomocí zachytávacího prvku,
- e) umožnit, aby se míčky pomocí gravitace shromažďovaly v nejnižším bodě zásobníku,
- f) umožnit, aby se míčky mohly shromažďovat v zásobníku,
- g) stabilizace vždy jednoho míčku v ústí dopravního systému,
- h) doprava míčků do vystřelovací hlavy,
- i) vrhání míčků o jakékoliv rotaci a rychlosti,
- j) různá frekvence vrhání míčků.

2.6 Funkční struktura – základní hierarchický strom

V tomto tématu jsem sestavil funkční strukturu v podobně základního hierarchického stromu. Jsou to funkce, které musí zařízení splňovat (viz obr. 2.2).



Obrázek 2.2 - Základní hierarchický strom

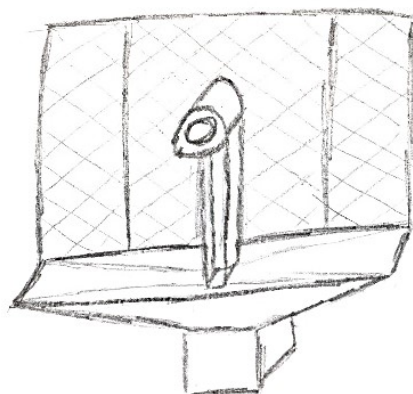
2.7 Morfologická matice

Jedním z dalších kroků bylo zjistit nejvhodnější variantu návrhu. Vytvořil jsem tedy morfologickou matici. Tato matice mi přehledně zobrazuje několik jednotlivých orgánů pro řešení dané funkce. Vybral jsem tři varianty, které kombinují různé funkční principy. Morfologickou matici lze vidět v tabulce 1.

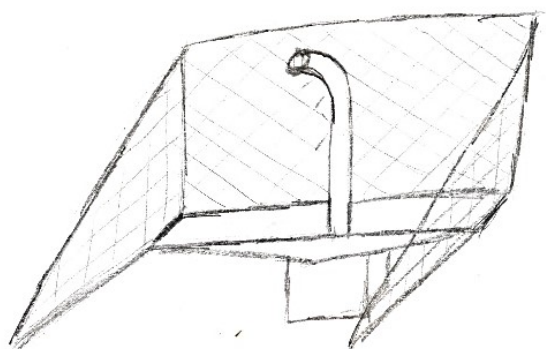
FUNKCE		ORGÁNY / FUNKČNÍ PRINCIPY			
		1.	2.	3.	4.
2.1	Stabilizace zařízení ZAJISTIT	Upínací držák	Držákem zaháknuto na desce stolu	Položeno na stole	Položeno na zemi
3.2	Nevypadnutí míčků ze zásobníku ZAJISTIT	Gravitace	Mechanicky	Ručně	Neuvažováno
2.3	Zachytávací prvek na míčky ZAJISTIT	Zachytávací síť (pouze za stolem)	Zachytávací síť (za a po bocích stolu)	Plastová mřížka	Neuvažováno
3.3	Shromažďování míčků v nejnižším bodě zásobníku UMOŽNIT	Gravitace a mechanismus	Gravitace	Ručně	
2.4	Stabilizace vždy jednoho míčku v ústí dopravního systému UMOŽNIT	Gravitace a mechanismus	Gravitace	Vzduchem	Ručně
3.4	Doprava míčků do vystřelovací hlavy ZAJISTIT	Gravitace	Mechanismus	Vzduchem	Ručně
3.5	Počet rotujících kotoučů v hlavě UMOŽNIT	4 rotující kotouče	3 rotující kotouče	2 rotující kotouče	1 rotující kotouč
4.1	Pohon zařízení UMOŽNIT	Elektrický	Ruční		

Tabulka 1 - Morfologická matice

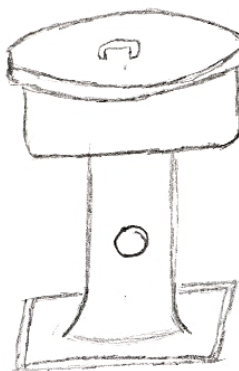
Nyní jsem znázornil a lehce načrtnul tři varianty A (červená), B (žlutá), C (zelená). Náčrty variant lze vidět na obrázcích. Varianta A (viz obr. 2.3), varianta B (viz obr. 2.4) a varianta C (viz obr. 2.5).



Obrázek 2.3 – Varianta řešení A



Obrázek 2.4 - Varianta řešení B



Obrázek 2.5 - Varianta řešení C

2.8 Výběr nejlepší varianty řešení

Nakonec jsem musel vybrané varianty zhodnotit podle dříve určených kritérií. Hodnocení je subjektivní. Vyhodnocení jednotlivých variant jsem zobrazil v přehledné tabulce č. 2. Jen pro připomenutí, nejlepší hodnocení je 1 a nejhorší je 5. Tedy nejnižší

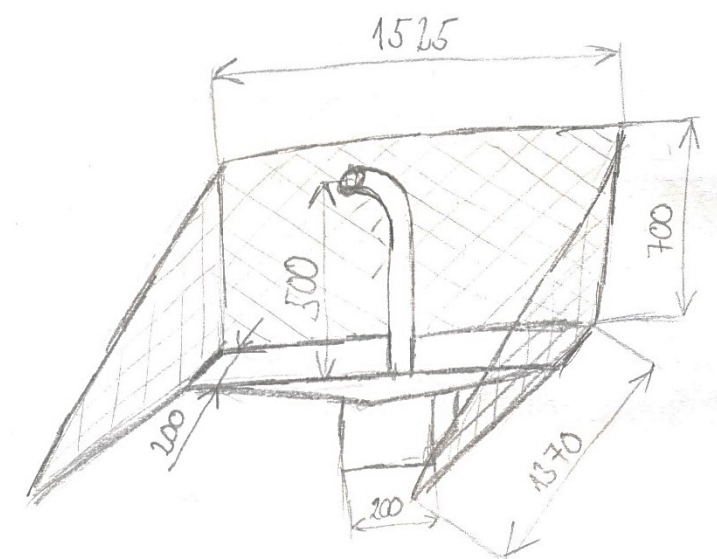
výsledný součet je nejlepší. Všechny hodnoty jsem přehledně zapsal do tabulky 2. Vítězná varianta je varianta B, proto se budu nadále zabývat jen touto variantou.

VÝBĚR NEJLEPŠÍ VARIANTY ŘEŠENÍ	VARIANTA		
	A	B	C
Počet míčků v zásobníku	2	1	3
Zachytávací prvek na míče	2	1	5
Rozmanitost vrhaných rotací	3	1	4
Hmotnost	3	4	2
Celková stabilita	2	2	2
Rozmístění míčů po hrací ploše	1	1	2
Frekvence vystřelování	1	1	2
Velikosti zastavěné plochy	4	4	2
Předpokládané výrobní náklady	3	4	2
VÝSLEDNÝ SOUČET	21	19	24
VÝSLEDNÉ POŘADÍ	2.	1.	3.

Tabulka 2 - Výběr nejlepší varianty řešení

2.9 Hrubá stavební struktura

Nejlepší variantu řešení jsem již určil. Na obrázku 2.6 lze vidět hrubé zobrazení hrubé stavební struktury s důležitými funkčními rozměry. Všechny rozměry jsou v milimetrech.



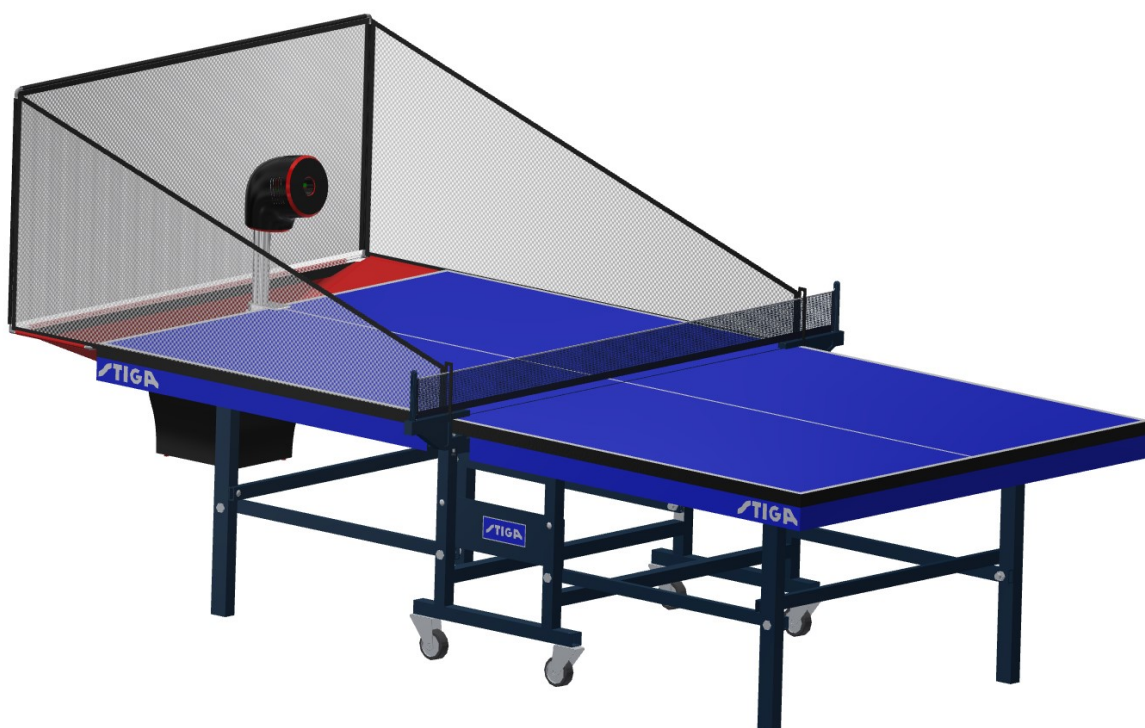
Obrázek 2.6 - Hrubá stavební struktura

3 Návrh konstrukce

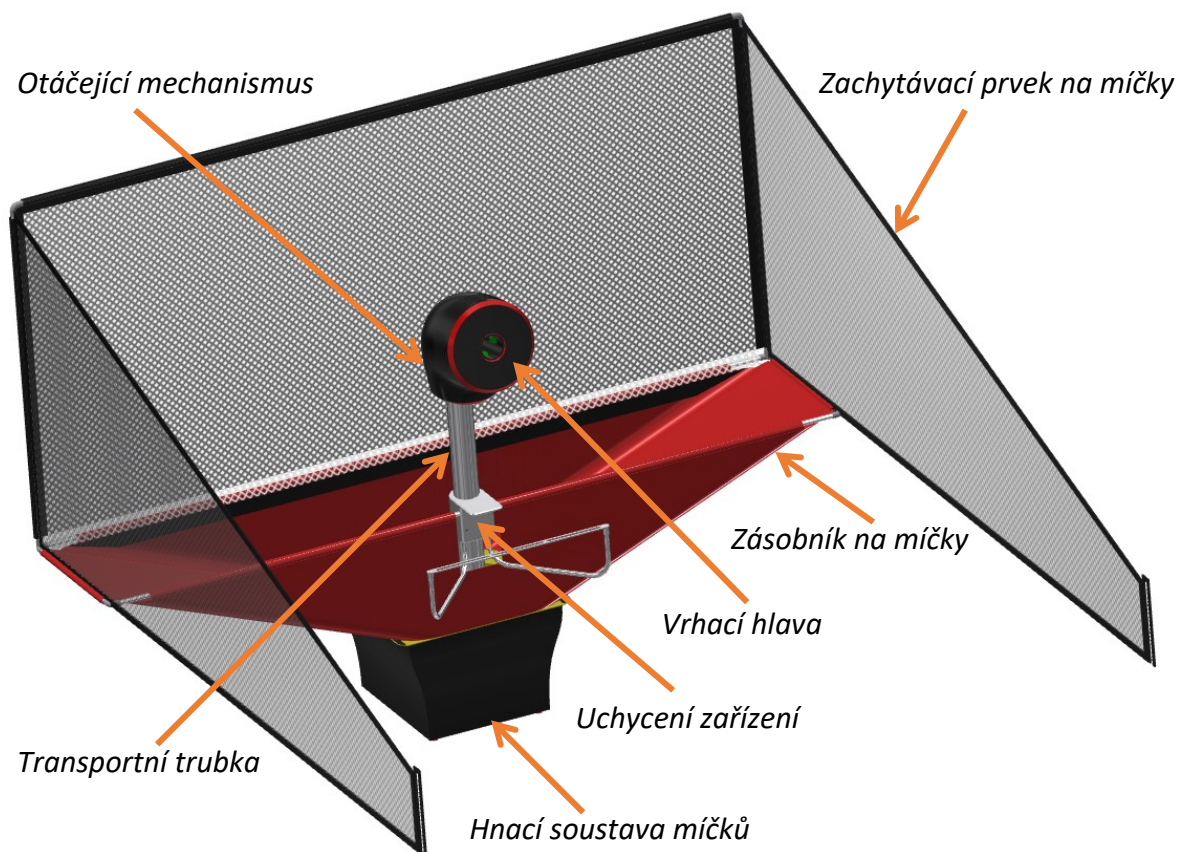
Tato kapitola se zaměřuje na samotný konstrukční návrh zařízení pro vrhání míčků. Rozměrově jsem vycházel z hrubé stavební struktury vítězné varianty. Je nutné splnit požadavky na zařízení a funkce, které jsem si specifikoval v předchozí kapitole. Při samotném konstruování bylo dbáno na co největší jednoduchost všech prvků a mechanismů. To mělo příznivý vliv na výrobní náklady. Nejprve je v této kapitole zařízení zobrazeno jako celek a poté jsou podrobně rozebírány jednotlivé části vrhacího zařízení.

3.1 Celkový návrh zařízení

Na obrázku 3.1 lze vidět konečný návrh vrhacího zařízení. Součástí obrázku je také hrací stůl [19], na kterém je zařízení zavěšeno. Podrobný popis jednotlivých částí zařízení lze vidět na obrázku 3.2.



Obrázek 3.1 - Celkový návrh zařízení včetně hracího stolu

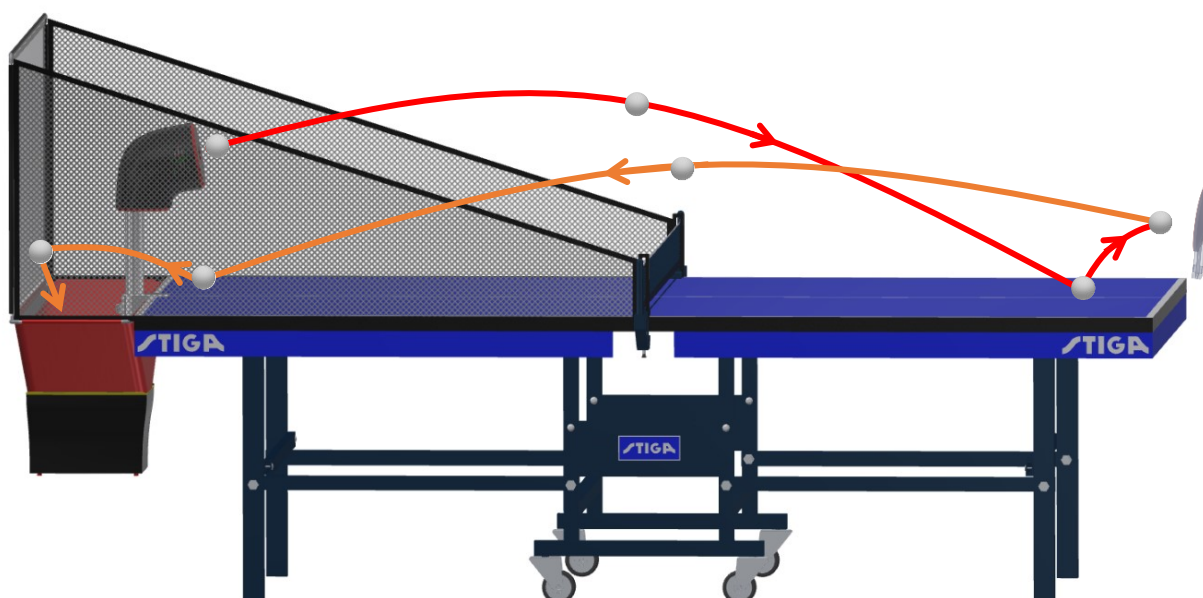


Obrázek 3.2 - Popis jednotlivých částí vrhacího zařízení

3.2 Princip fungování zařízení na vrhání míčků

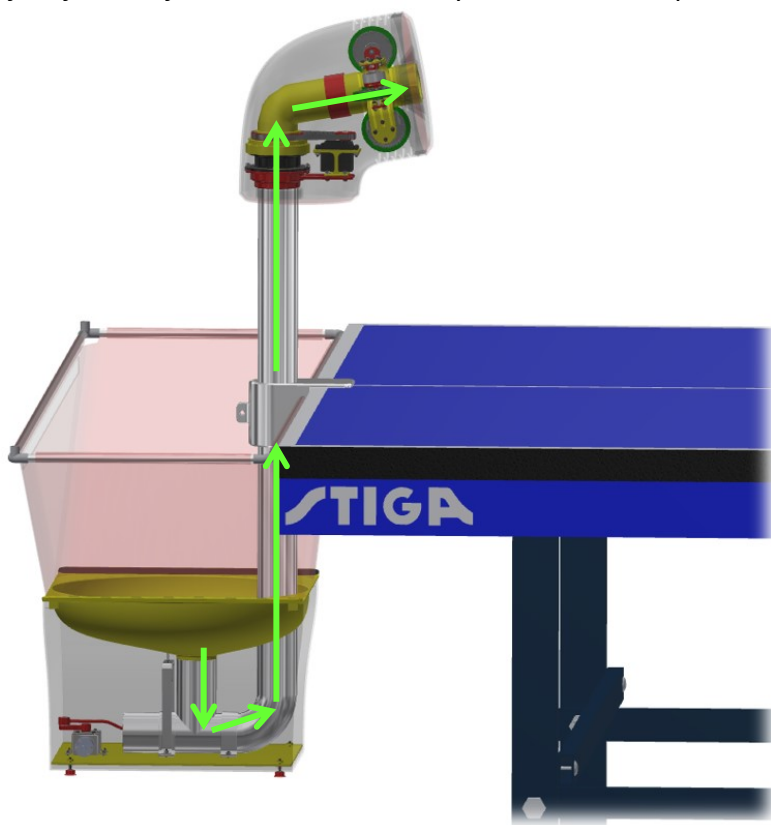
Pro správné pochopení fungování tohoto zařízení považuji jako důležité ukázat a popsat, jak zařízení pracuje v provozu. Nejprve jsem ukázal obecně, jak funguje mnou zkonstruované vrhací zařízení (viz obr. 3.3).

Nejdříve je míček vržen pomocí vrhací hlavy na protější polovinu hracího stolu, kde se míček odrazí od hrací desky a je zasáhnut hrací raketou (znázorňuje červená křivka). Poté míček letí zpět na druhou polovinu stolu, kde se odrazí a zachytávací prvek míček zachytí a vlivem gravitace spadne do zásobníku na míčky (to znázorňuje oranžová křivka). Celý tento cyklus se stále opakuje, dokud nedojdou míčky v zásobníku. Pokud ovšem hráč správně odehrává míčky zpět na druhou polovinu stolu, tak je zaručen velký počet vrhacích cyklů.



Obrázek 3.3 - Obecný popis fungování vrhacího zařízení

Princip samotného vrhacího zařízení je vcelku jednoduchý (viz obr. 3.4). Míčky, které se nachází v zásobníku se vlivem gravitace a otáčející se vrtulky umístí do ústí dopravního potrubí. Pomocí pístu a kliky jsou míčky posouvány směrem nahoru do vrhací hlavy, kde se pomocí čtyř rotujících kotoučů udělí míčkům určitá rotace a rychlost. Různé umístění na hrací ploše nám zajišťuje otáčející mechanismus, který natáčí hlavu do potřebných pozic.

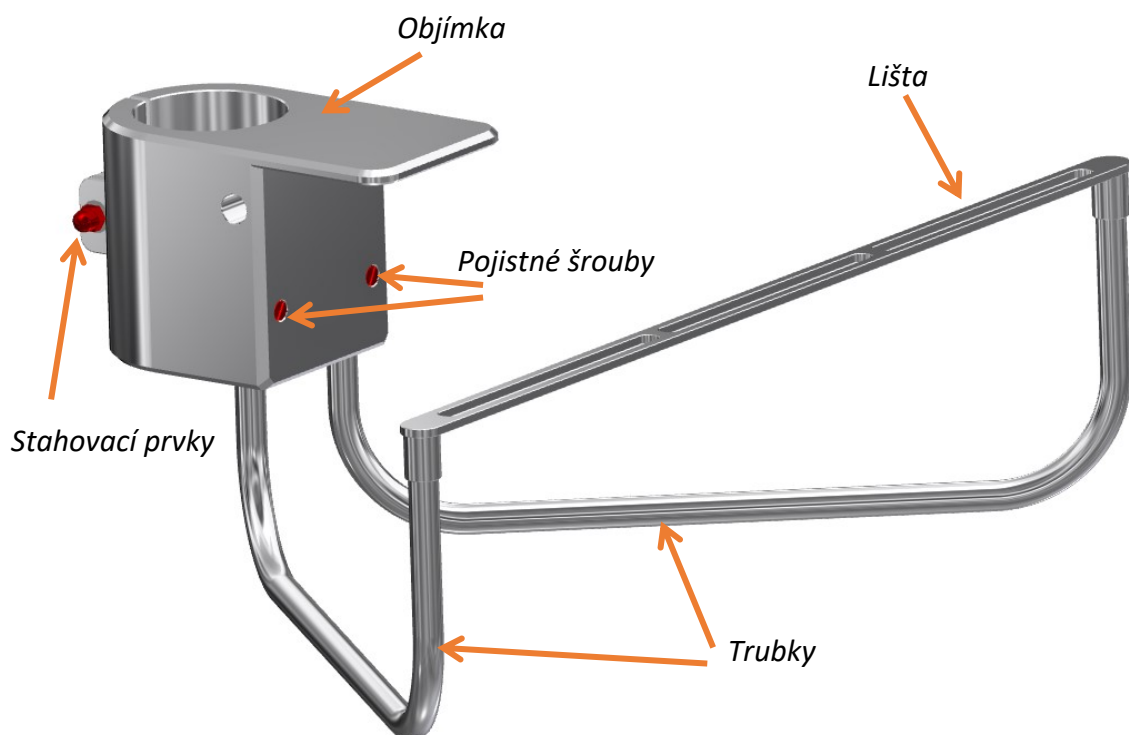


Obrázek 3.4 - Popis principu vrhacího zařízení

3.3 Uchycení zařízení

V zadání je požadavek, aby se zařízení dalo zavěsit na hrací desku stolu. Proto jsem navrhnul takové uchycení, které nijak nepoškodí povrch hrací desky a zaručeně udrží celé vrhací zařízení. Uchycení jsem navrhl tak, aby s přehledem vydrželo zatížení, které bude na něj vyvinuto. Uchycení zařízení neboli držák funguje na principu páky, kdy lišta je vsunuta pod spodní stranu hrací desky a objímka je umístěna na hrací desku stolu. Uchycení zařízení lze vidět na obrázku 3.5. Další doplňující obrázek lze najít v příloze A.

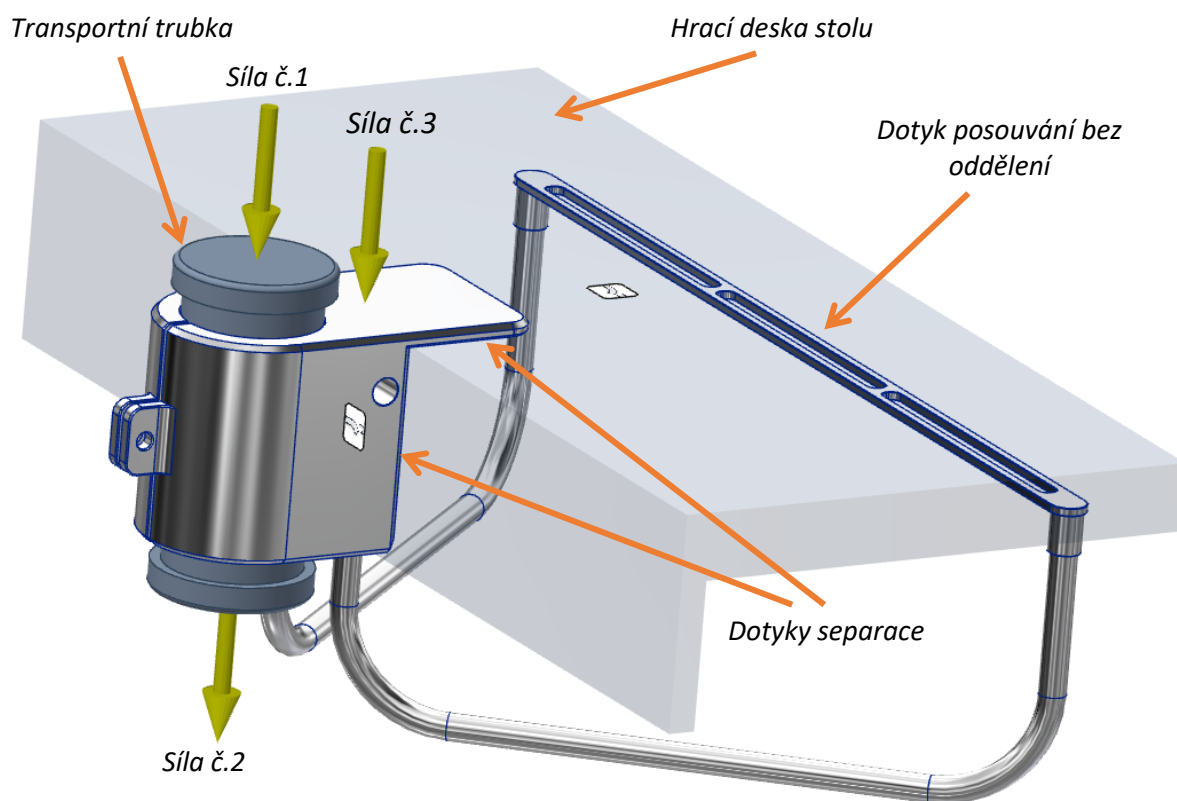
K objímce jsou zespodu nasunuty dvě ohnuté hliníkové trubky TR KR 10 x 2 ČSN 42 7710.12 a pojištěny jsou dvěma šrouby ČSN 4355 – M4x22. Na tyto dvě trubky je nasazena a přilepena hliníková lišta. Do hliníkové objímky je vložena transportní trubka pro míčky. Tato objímka je stažena pomocí šroubu ISO 7380-1 – M5x0,8x16, matice DIN 1587 M5x0,8 a dvou podložek DIN 137 – B5. Malá vyvrtaná díra je určena pro nosnou trubku k zachytávacímu prvku.



Obrázek 3.5 - Uchycení zařízení

Pro tuto součást jsem také vytvořil pevnostní analýzu metodou konečných prvků, která je součástí programu Autodesk Inventor Professional 2018. Nejprve jsem musel zvolit výchozí parametry uchycení zařízení. Materiál držáku je hliník 6061. Maximální síla působící na držák je 100 [N], to odpovídá maximální hmotnosti celého zařízení 10 [Kg].

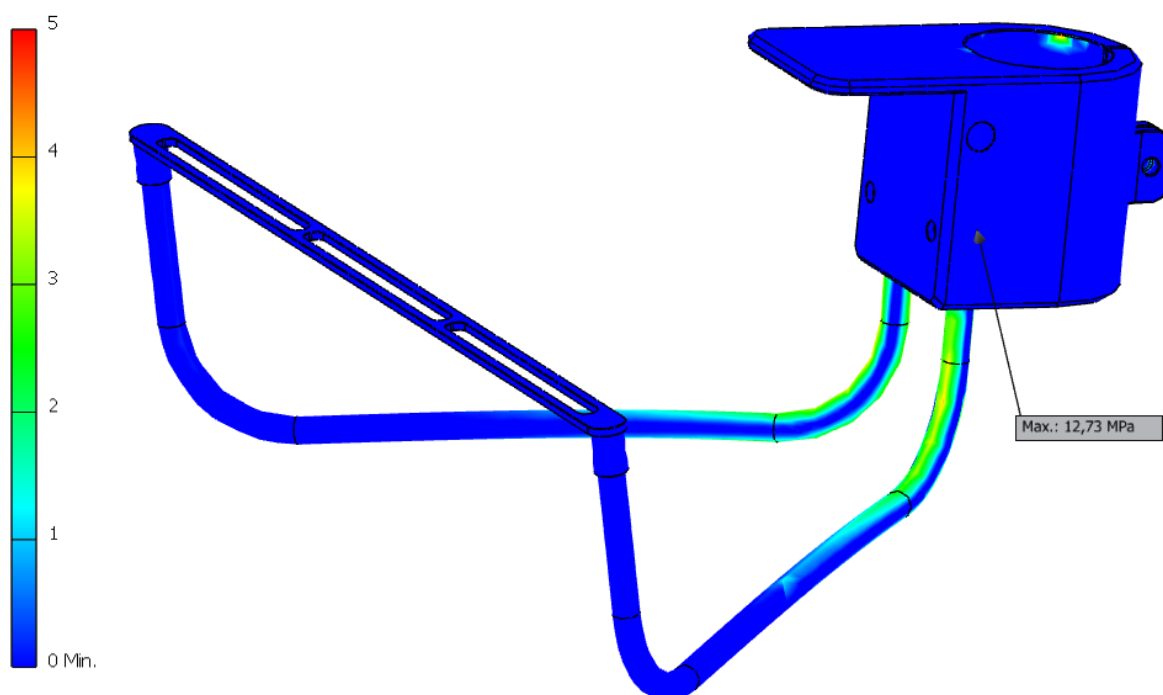
Při analýze jsem použil dvě modelové pomůcky. První je napodobenina transportní trubky a druhá je napodobenina hrací desky stolu. Nejdříve jsem si nechal pomocí programu vytvořit automatické dotyky mezi jednotlivými komponenty. Pevnou vazbu jsem umístil na hrací desku stolu okraj hrací desky. Mezi lištou a hrací deskou jsem nastavil dotyk posouvání bez oddělení. Dva dotyky separace jsem nastavil na spojení hrací desky s objímkou (viz obr. 3.6). Ostatní dotyky jsem ponechal vázané. Manuálně jsem nastavil vázaný dotyk mezi plochami, které stahuje šroub objímky (viz příloha B). Síla č. 1 směřující dolů na transportní trubku má velikost 50 [N]. Síla č.2 tlačící trubku směrem dolů má také velikost 50 [N]. Síla č.3 představuje gravitační sílu o velikost 9,81 [m/s²]. Počet upřesnění jsem zvolil 3 a práh upřesnění 0,75.



Obrázek 3.6 - Nastavení parametrů MKP analýzy

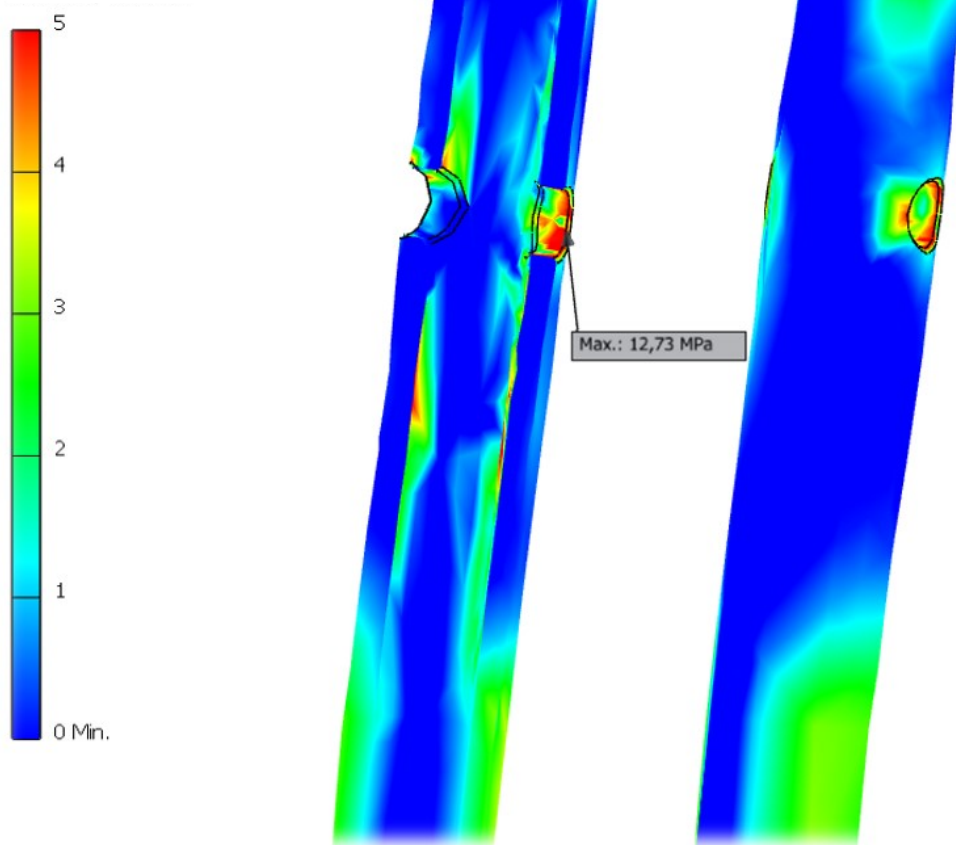
Výsledky analýzy lze vidět na obrázku 3.7. Pro lepší přehlednost jsem upravil panel barev na maximální napětí 5 [MPa]. Maximální napětí 12,73 [MPa] je dosaženo v hliníkové trubce, která je nasazena do objímky. Maximální napětí v trubce jsem zobrazil v obrázku 3.8. Byl proveden řez trubkou. Posunutí v ose Z je zanedbatelné a je rovno 0,1657 [mm] (viz obr. 3.9).

Typ: Napětí Von Mises
Jednotka: MPa

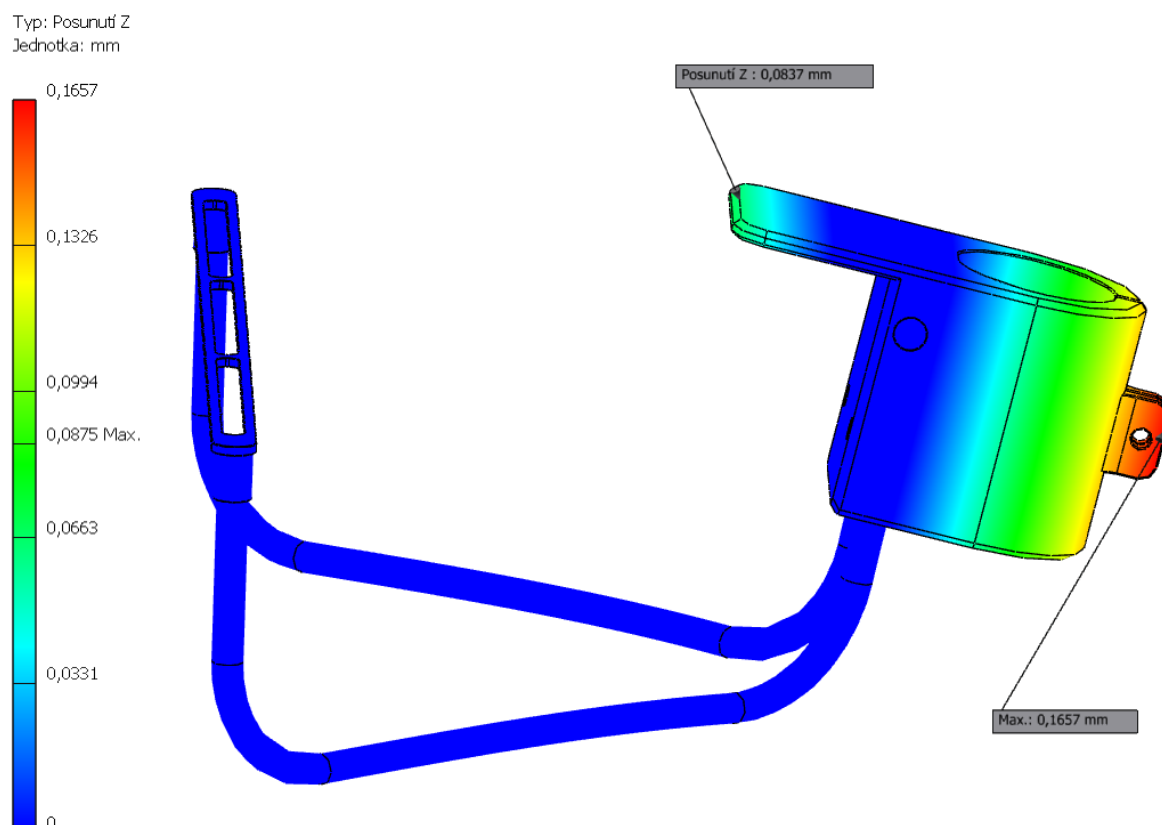


Obrázek 3.7 - Výsledky MKP analýzy

Typ: Napětí Von Mises
Jednotka: MPa

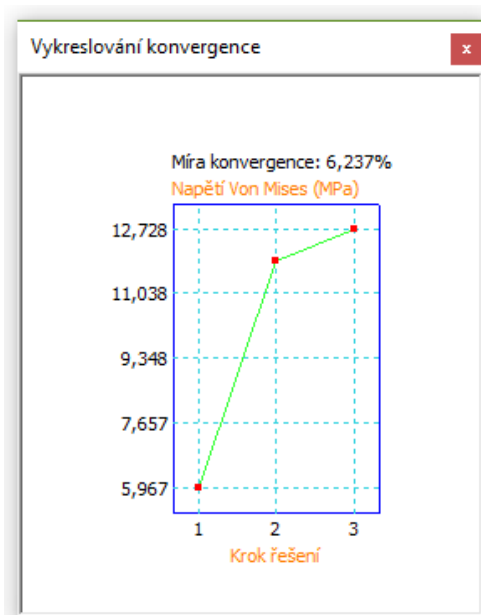


Obrázek 3.8 - Detail místa maximálního napětí



Obrázek 3.9 - Posunutí v ose Z

Z výsledků MKP analýzy můžu bez obav napsat, že držák je lehce předdimenzovaný a vydrží větší zatížení, než na které je konstruován. Míra konvergence (viz obr. 3.10) je 6,237 [%] což značí, že simulace byla provedena bez problémů. Kdyby se konvergence neustálila, jednalo by se o chybnou analýzu. Hodnota napětí Von Mises se ustálila po třech krocích.



Obrázek 3.10 - Vykreslení konvergence

3.4 Transportní trubka pro míčky

Transportní trubka (viz obr. 3.11) musí splňovat hned několik funkcí. Již z názvu lze odvodit, že hlavním úkolem je transportovat míčky ze zásobníku do otočného mechanismu. Dále tato trubka slouží jako nosná trubka. Nese váhu hnací soustavy, která je připevněna na spodní části trubky. Nahoře je na trubku nasazena vrhací hlava s otočným mechanismem. Jak již bylo napsáno v předchozí kapitole, trubka je vložena do objímky a pevně stažena tak, aby nedošlo k uvolnění.

Navrhl jsem hliníkové trubky tažené za studena TR KR 50 x 1 ČSN 42 7710.12, které jsou k sobě svařeny (viz příloha I).

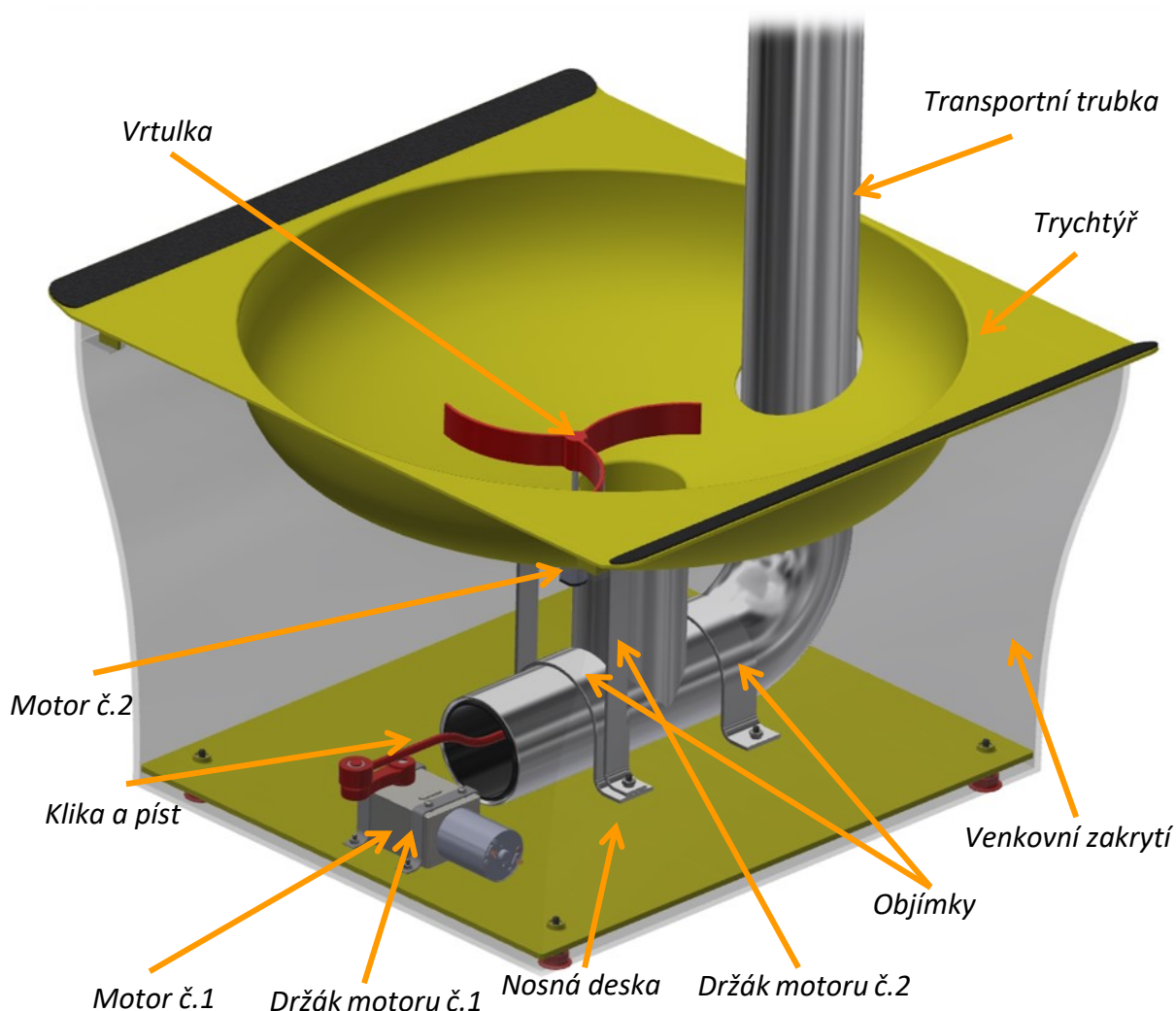


Obrázek 3.11 - Transportní trubka pro míčky

3.5 Hnací soustava

Úkolem hnací soustavy (viz obr. 3.12) je míčky posouvat z trychtýře směrem do vrhací hlavy. Míčky v trychtýři jsou vlivem gravitace a rotace vrtulky umísťovány do ústí transportní trubky, na kterou je napojen trychtýř. Míčky se poté v trubce posouvají směrem dolů, kde jsou pomocí pístu posouvány vpřed (viz obr. 3.13). Aby nedocházelo k zpětnému pohybu míčku společně s vracejícím se pístem, tak jsem navrhl dostatečně silnou pružinu,

kteřá zabrání míčku při pohybu zpět. Vše jsem navrhnul tak, aby byl pístem posunut vždy právě jeden míček.

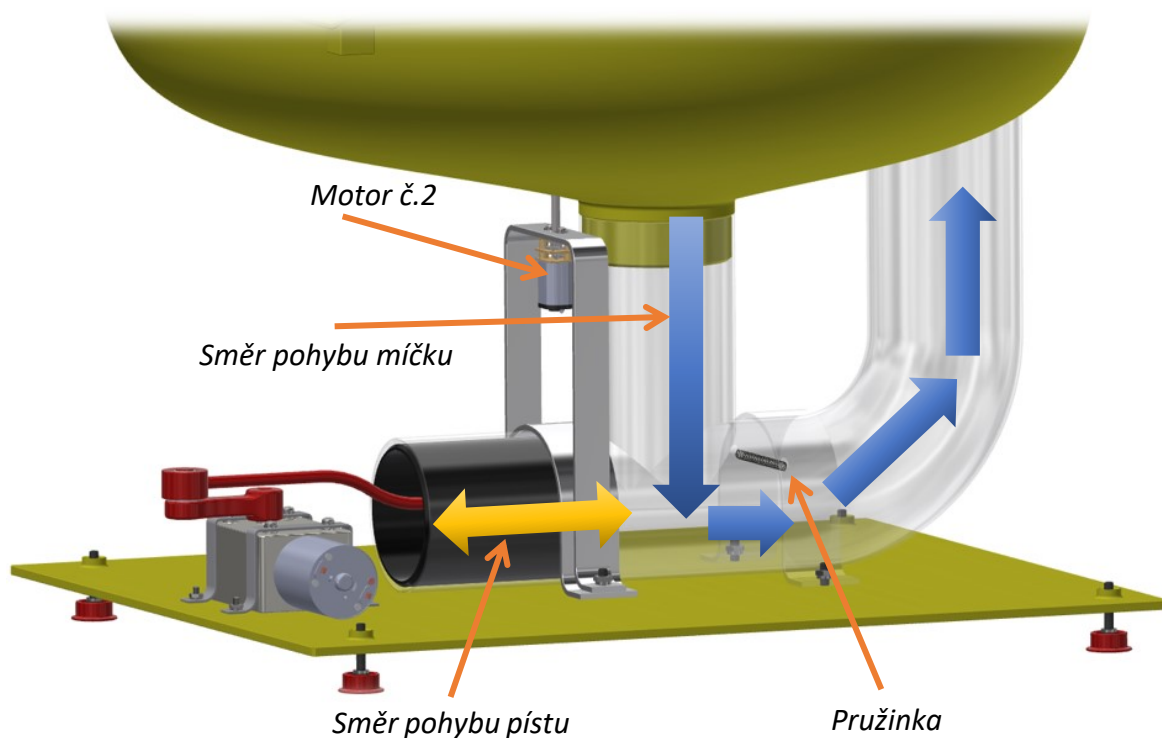


Obrázek 3.12 – Celkový pohled hnací soustavy míčků

Objímky, které drží transportní trubku jsou připevněny k nosné desce. Použil jsem šrouby ISO 7380-1 – M3x10, matice ISO 4032 – M3 a podložky ČSN 02 1740 – 3. Motory k držákům jsem přichytl šrouby ISO 7045 – M2x5 a ISO 7045 – M1,6x4 společně s pružnými podložkami DIN 128 – A2. Držáky motoru č.1 jsou přichyceny k nosné desce pomocí šroubů ISO 7045 H – M2x8, matic ISO 4032 – M2 včetně pružných podložek DIN 128 - A2.

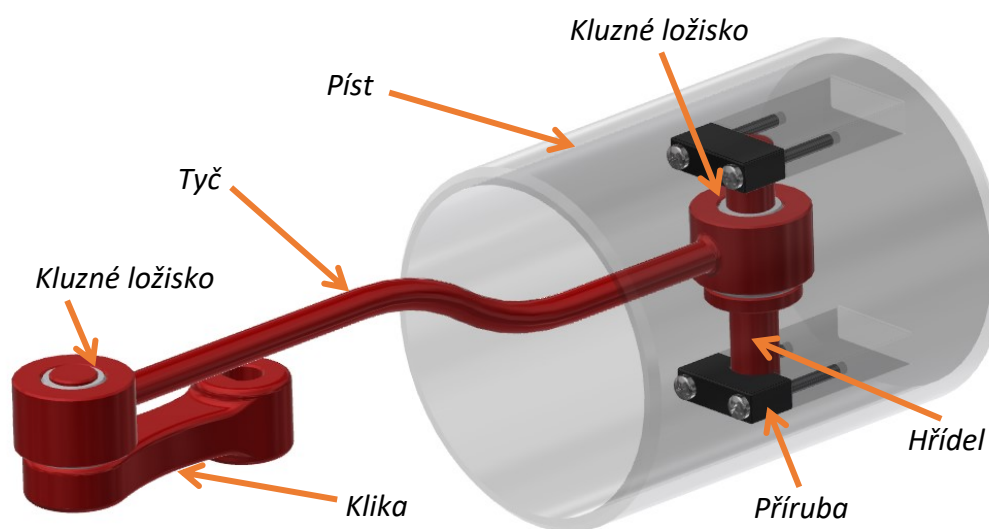
Držáky motoru č.1, držák motoru č.2 a objímky jsem navrhl z hliníkového materiálu. Trychtýř, vrtulka a nosná deska jsou z plastového materiálu ABS. Vrtulku pohání motor č.2 WALFRONT ROHS100 [20]. Výstupní hřídel tohoto motoru je spojena s vrtulkou a vede skrz trychtýř, kde jsem použil ložisko SKF W 627/3 R-2Z [21]. Předpokládám, že vrtulka bude

rotovat v trychtýři plném míčků, je tedy nutné použít ložisko, aby nedocházelo k velkému osovému vychýlení hřídele. Vrtulka je na hřídel tvaru D přilepena.



Obrázek 3.13 - Princip fungování hnací soustavy

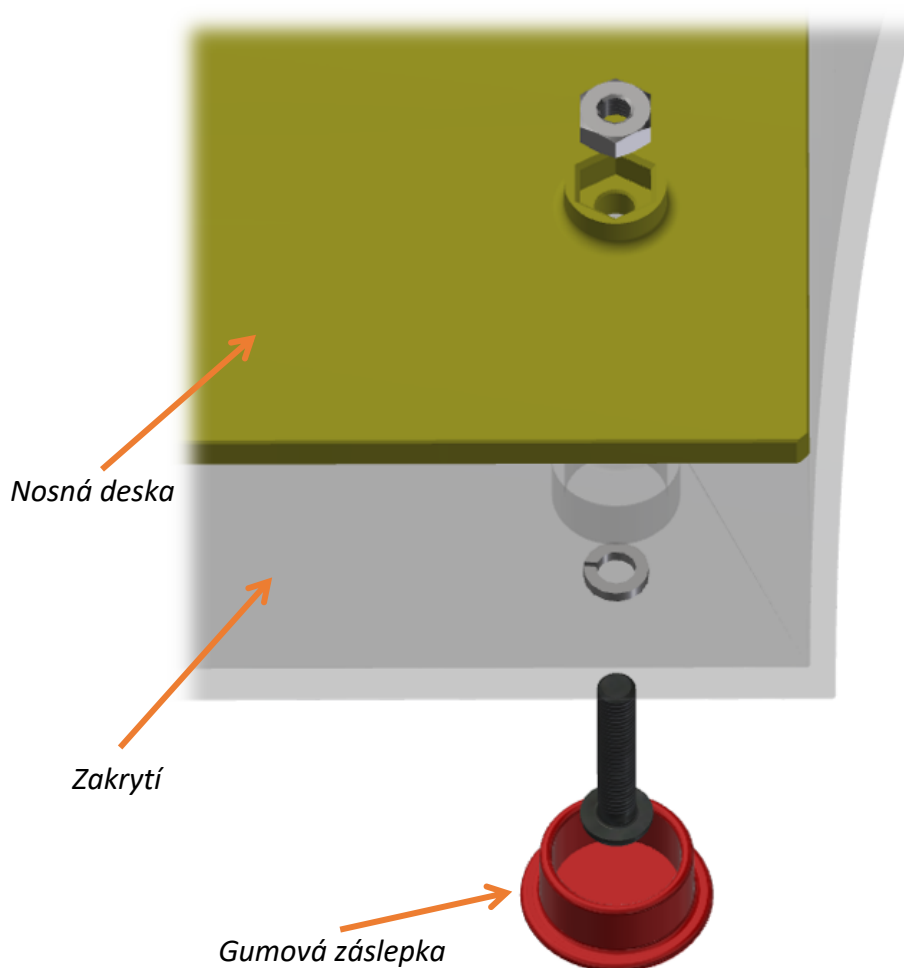
Posuvný pohyb pístu je vykonáván pomocí otáčející se kliky. Změnou otáček motoru č.1 UXCELL JSX330-370200 [22] dokážu regulovat frekvenci vrhání míčků. Na klice je nasazeno plastové kluzné ložisko IGLIDUR JFM-0608-10 [23]. Tentýž typ ložiska je nasazen na hřídeli uvnitř pístu (viz obr. 3.14).



Obrázek 3.14 - Klika a píst

Na kluzná ložiska je nasazena spojovací tyč. Kluzná ložiska jsou zde zvolena z důvodů malého zastavěného objemu a nízké pořizovací ceně. Hřídel zajišťují dvě příruby a čtyři šrouby ISO 7045 – M1,6x16. Tyč, píst, hřídel, klika a příruby jsou z ABS plastu. Píst musí posunout míčky o velice nízké hmotnosti, a proto je plastový materiál u těchto komponentů plně dostačující. Navrhnul jsem malou rozměrovou vůli mezi pístem a transportní trubicou, tak aby nebylo nutné mazání.

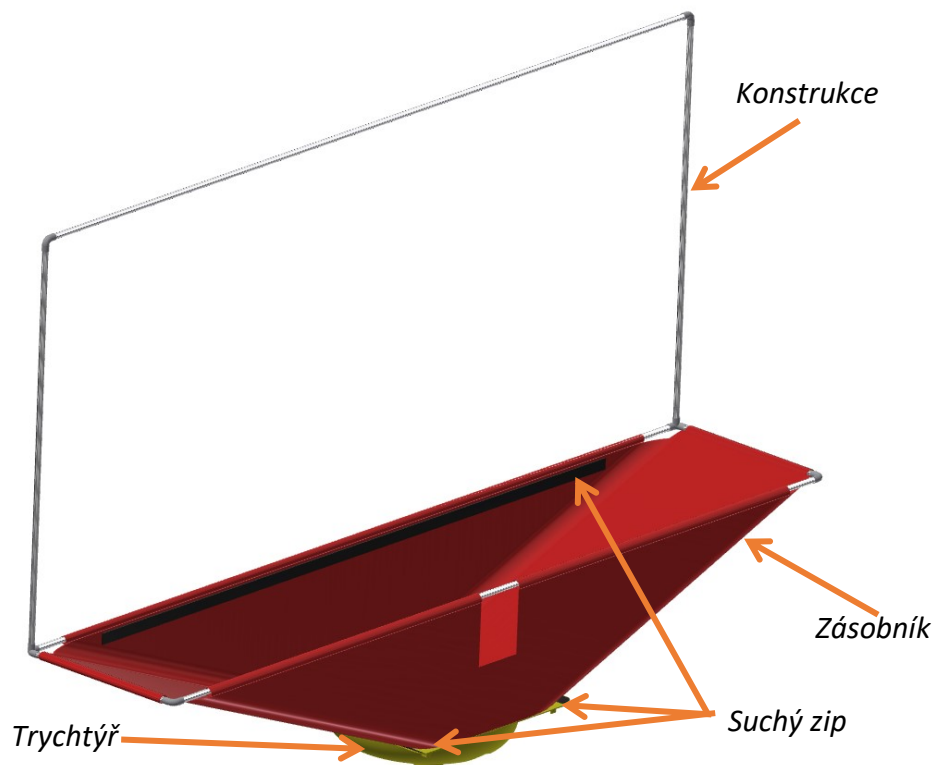
Zakrytí hnací soustavy tvoří plastový černý kryt, který je zespodu nasunut a přitáhnut šrouby ISO 7380-1 – M3x16 s pružnými podložkami ČSN 02 1740 – 3 a maticemi ČSN EN 24032 – M3. Matice jsou přilepeny do šestihranu v nosné desce. Poté jsou nalepeny protiskluzové gumové záslepky, tak aby byly zakryty hlavy šroubů (viz obr. 3.15). Ze spodní strany trychtýře jsem navrhl drážky, do kterých se kryt přesně vsune a tím vznikne dostatečně tuhé spojení.



Obrázek 3.15 - Způsob uchycení krycího plastu

3.6 Zásobník

Zásobník na míčky (viz obr. 3.16) je důležitý prvek vrhacího zařízení. Čím je zásobník větší, tím může zařízení vrhat po delší dobu míčky. Samotný trychtýř lze považovat jako část zásobníku, neboť se v něm taky shromažďují míčky.



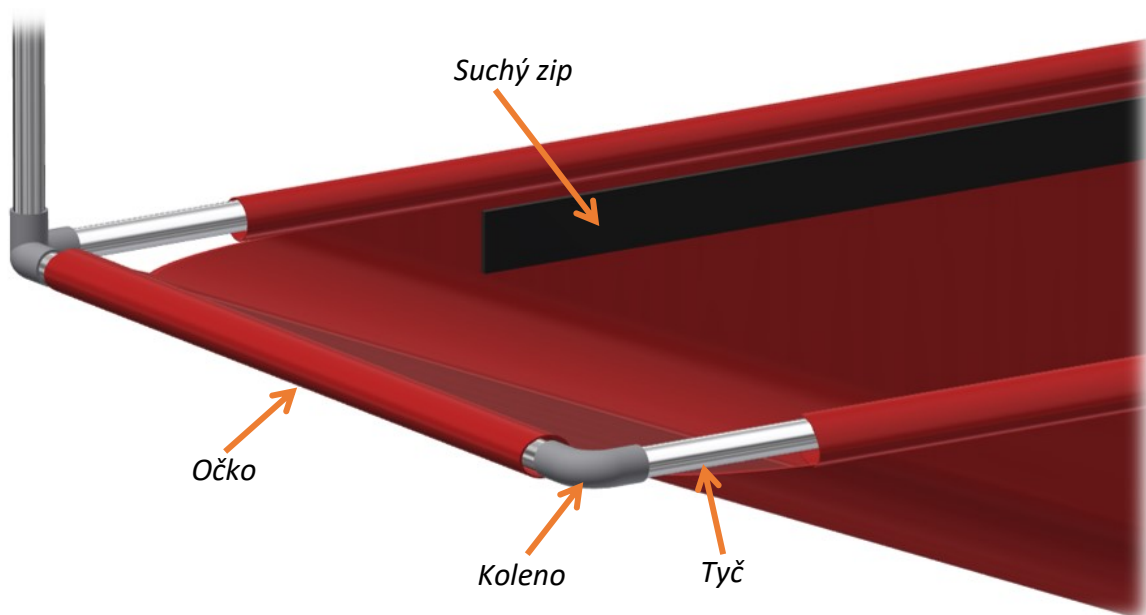
Obrázek 3.16 - Zásobník na míčky

Zásobník jsem navrhnul z červené technické tkaniny NYLON 210D/116T [24], která je lehká, odolná proti oděru, levná a skladná. Zešikmené stěny zásobníku mají dostatečný úhel sklonu, tak aby se míčky ze všech míst zaručeně pomocí gravitace dopravily až do trychtýře.

Konstrukci pro zásobník a zachytávací prvek jsem navrhl z hliníkových trubek TR KR 10 x 1 ČSN 42 7710.12 o různých délkách. Trubky jsou spojeny pomocí hliníkových kolen a v tomto spoji jsou také slepeny. Konstrukce je připevněna k držáku zařízení (viz příloha C). Zvolil jsem hliníkové trubky díky jejich nízké hmotnosti a dostatečné pevnosti.

Tkanina je k zásobníku přichycena pomocí suchého zipu 3M Dual-Lock SJ 3550 [25], který je na trychtýři nalepen a ke tkanině je přišitý. Pomocí suchého zipu si uživatel dostatečně napne spodní stranu zásobníku. Ke konstrukci je tkanina přichycena pomocí

oček (viz obr. 3.17). Očka jsou přišita ke tkanině. Nejprve je nutno nasunout tyče do oček a poté se můžou tyče spojit a slepit v kolenech. Suchý zip na vnitřní straně zásobníku jsem navrhl pro přichycení zachytávacího prvku. Zip je přišitý k tkanině zásobníku.

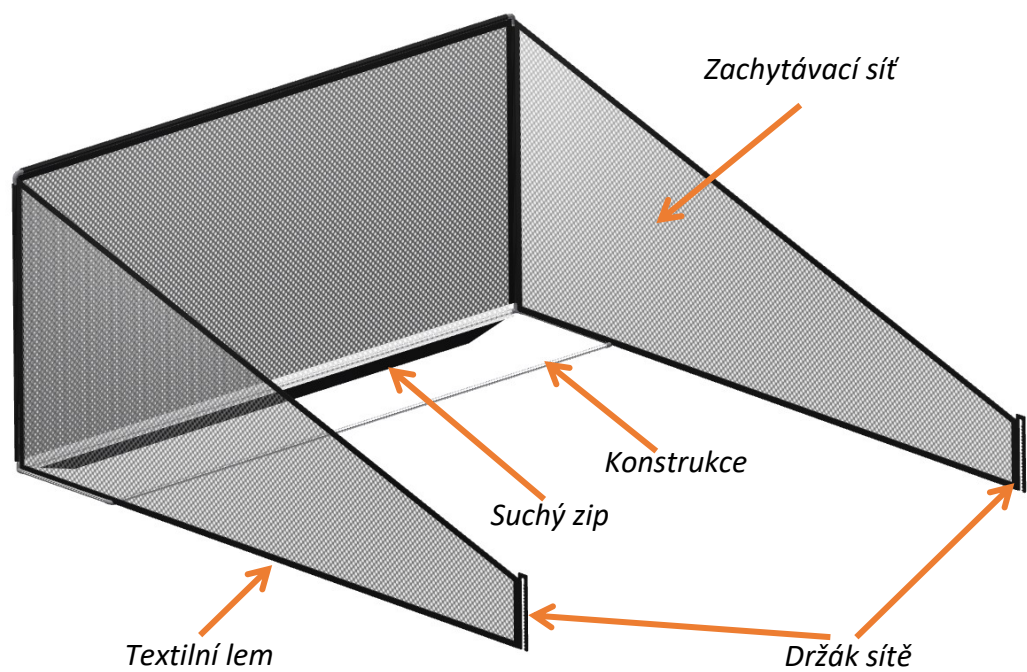


Obrázek 3.17 - Detail přichycení tkaniny ke konstrukci

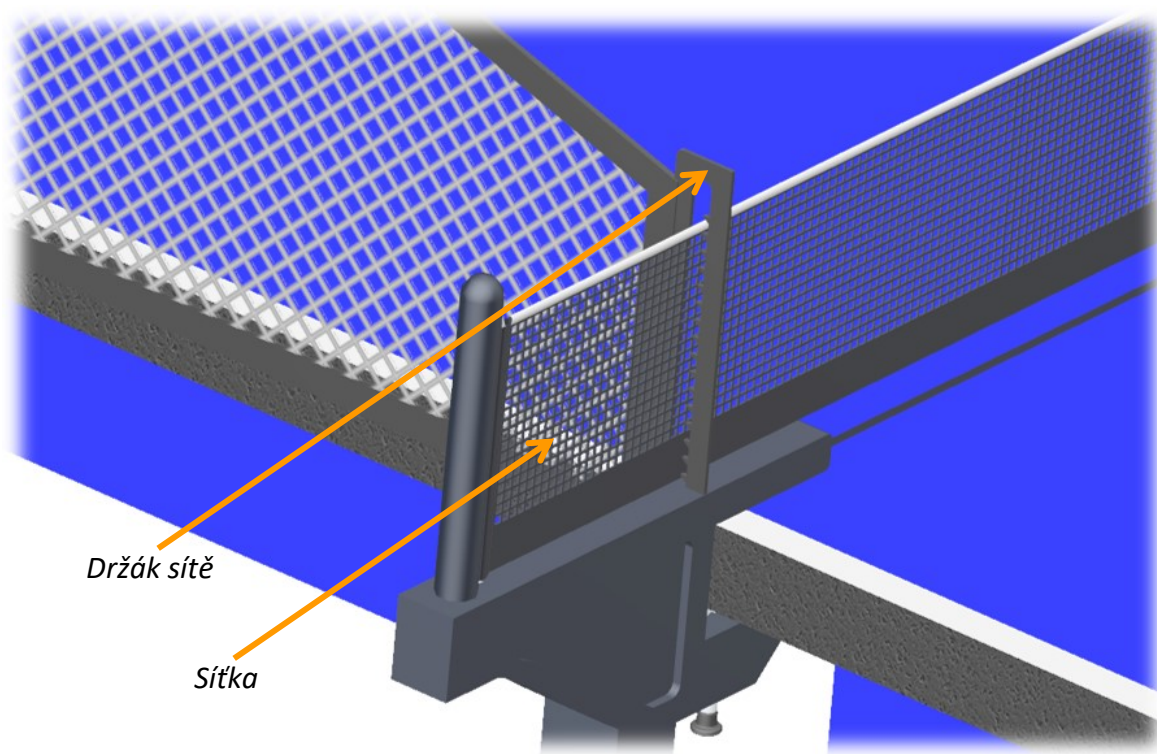
3.7 Zachytávací prvek

Zachytávací prvek neboli také zachytávací síť (viz obr. 3.18) slouží k tomu, aby polapila a následně umístila zpětně letící míčky do zásobníku. V této síti nesmí míčky nijak uvíznout, proto jsem navrhl síťovinu 72-06 s jemnými oky [26]. Síťovinu jsem zvolil černé barvy, tak aby nesplývala s bílými míčky. Okraje síťoviny jsou zpevněny 15 milimetrů širokým textilním lemem NYLON 210D/116T [24] černé barvy.

Zachytávací síť je připevněna k hliníkové konstrukci pomocí oček, podobně jako zásobník. Takto je síť připevněna k třem trubkám. Pomocí suchého zipu 3M Dual-Lock SJ 3550 [25] je přichycena síť k zásobníku, neboť není možné přichycení pomocí oček v tomto místě. Celý zachytávací prvek je napnut pomocí bočních držáků. Tyto držáky jsou nasazeny na sítku, která je uprostřed hracího stolu (viz obr. 3.19). Držák jsem navrhl s jednou ozubenou vnitřní stranou, tak aby se nemohl vysunout ze sítky samovolně.



Obrázek 3.18 - Zachytávací síť

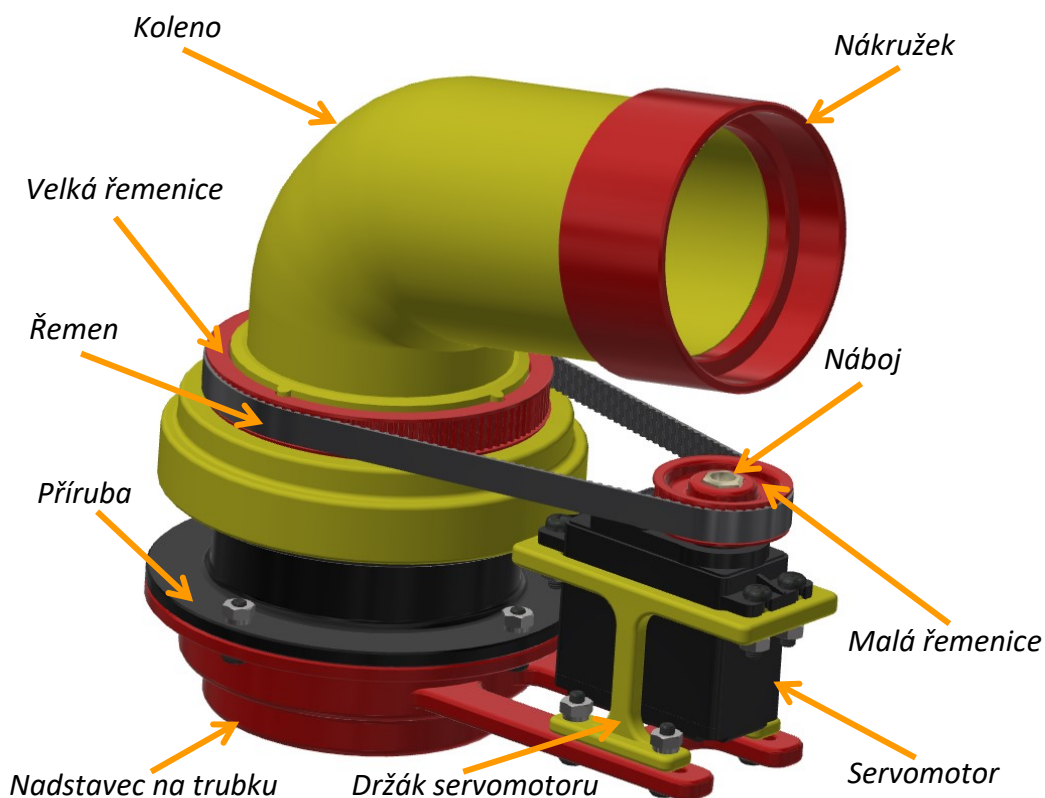


Obrázek 3.19 - Detail nasazení držáku na síťku

3.8 Otáčející mechanismus

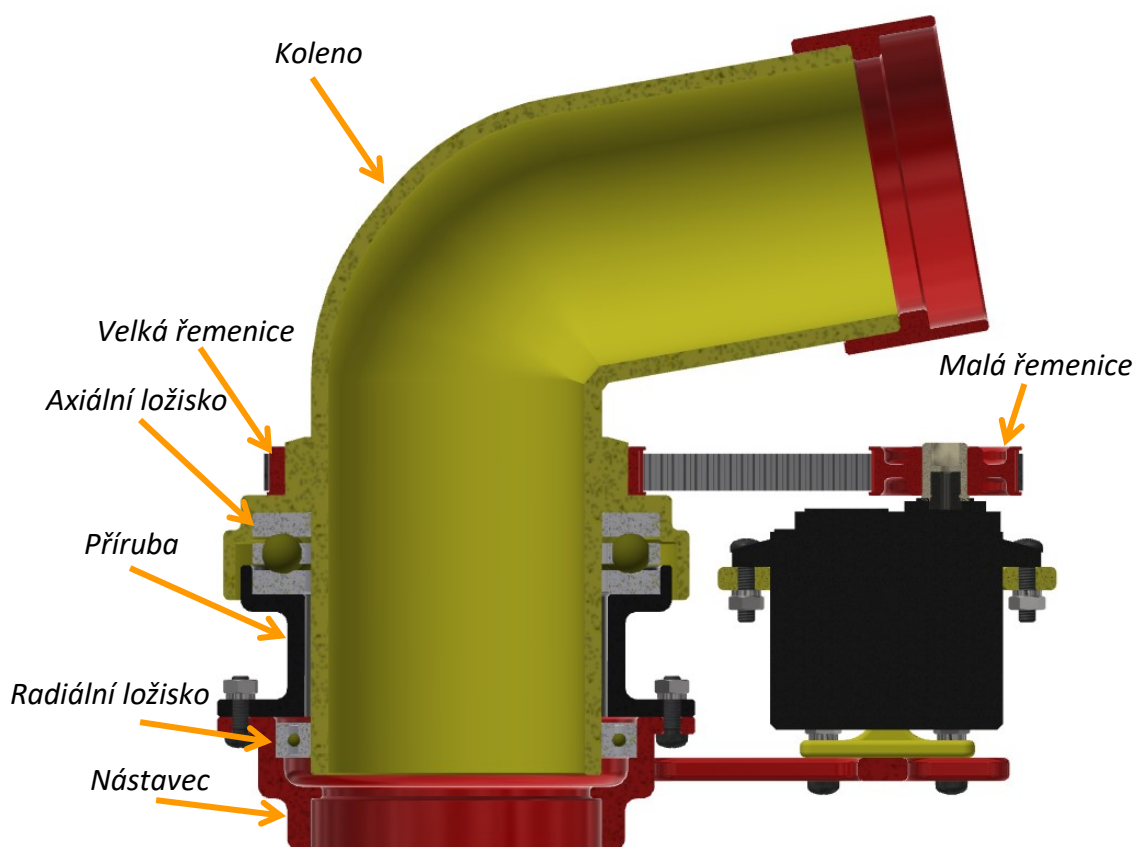
Tento komponent zajišťuje otáčení vrhací hlavou doleva a doprava. Otáčející mechanismus (viz obr. 3.20) je nasazen na transportní trubku a pomocí nákrůžku spojen s vrhací hlavou. Nadstavec na transportní trubku společně s přírubou jsou nehybné. Otáčí se pouze koleno s komponenty, které jsou na toto koleno nasazené. Navrhnul jsem otáčení pomocí užití řemene a servomotoru, a to hlavně z důvodu své jednoduchosti a nízké pořizovací ceně komponentů.

Nadstavec na transportní trubku jsem navrhl z plastového materiálu ABS, stejně tak jako velkou a malou řemenici, přírubu, náboj, nákrůžek a koleno. Zvolil jsem servomotor HS-485HB [27], který nabízí dostačující tah a rotační rozsah. Jako alternativu lze použít krokový motor, ten je ale značně dražší. Servomotor je přichycen pomocí šroubů ISO 7045 – M3x12, maticemi ČSN EN 24032 - M3 a pružnými podložkami ČSN 02 1740 – 3. Stejným šroubovým spojením je také přitažen držák servomotoru a příruba k nadstavci na transportní trubku. Výstupem ze servomotoru je drážkovaná hřídel, na kterou se nasadí náboj. Malá řemenice se nasune na náboj. Velká řemenice se na koleno nasune a přilepí.



Obrázek 3.20 - Otáčející mechanismus

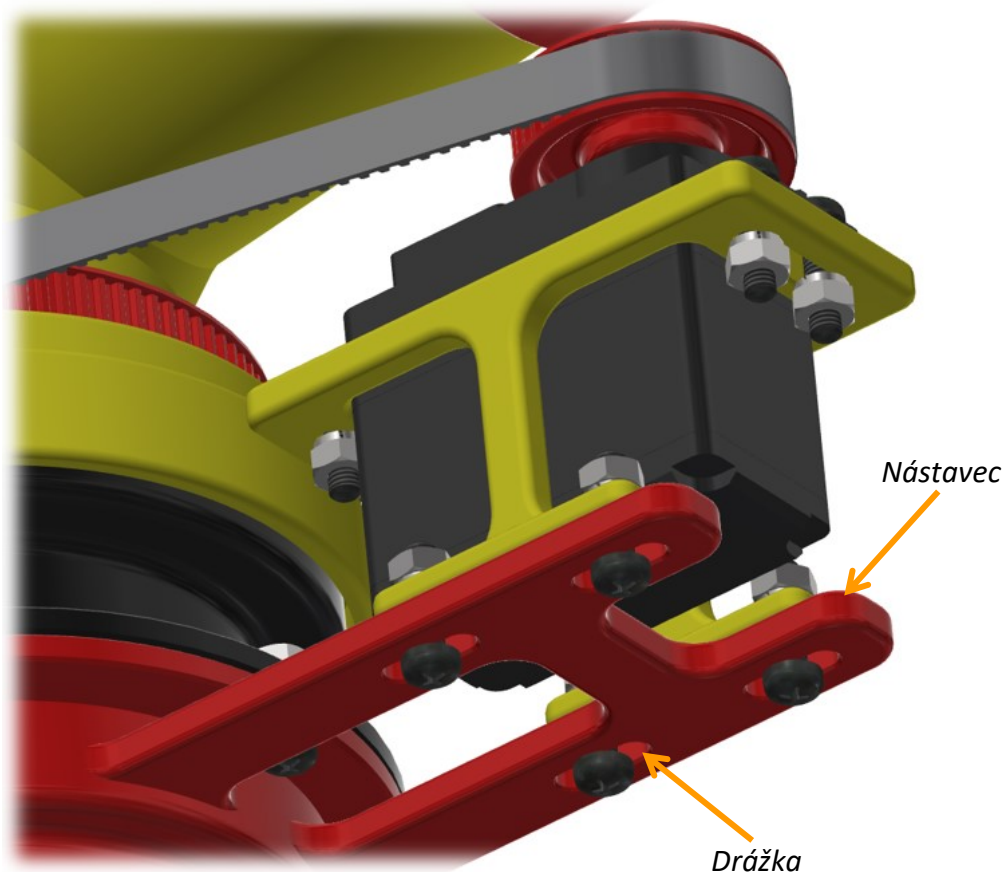
Samotný mechanismus otáčení lze detailně vidět na obrázku 3.21, kde je proveden řez pro úplné znázornění. Pro volné otáčení trubky jsem navrhnul dvě ložiska. Axiální kuličkové ložisko SKF 51110 [28] se nasune shora do příruby. Toto ložisko mi zachytí axiální síly. Na toto ložisko je shora vloženo koleno. Radiální síly mi zachytí kuličkové ložisko SKF W 61710-2RS1 [29], které je nasunuto v nadstavci na transportní trubku. Obě ložiska jsou přilepena ke komponentům se kterými jsou v kontaktu. Příruba je přitažena čtyřmi šrouby k nadstavci, tak aby vznikl tuhý spoj. Přírubu jsem navrhl s dostatečně velkým vnitřním průměrem, tak aby koleno nebylo v kontaktu s přírubou. Koleno je ve spojení pouze s radiální a axiálním kuličkovým ložiskem, proto je zajištěno bezproblémové otáčení.



Obrázek 3.21 - Řez otáčejícího mechanismu

Řemenice jsem navrhl na jednostranný ozubený řemen s lichoběžníkovými zuby typu MXL 025. Obě řemenice mají přírubu na obou stranách, aby nedošlo při provozu k sjetí řemenu. Velká řemenice se musí nasunout na koleno, a proto jsem ji navrhl dostatečně velkou, tak aby šla nasunout na požadované místo. Velká řemenice má 100 zubů. U malé řemenice jsem při návrhu hlavně dbal na to, aby nebyla příliš veliká, má tedy 40 zubů.

Řemen je napínám pomocí posunutí držáku a následným přitažením šroubů (viz obr. 3.22). Pro návrh drážek v nadstavci jsem si musel vypočítat osovou vzdálenost řemenic [5]. Nejprve jsem vypočetl roztečný průměr obou řemenic, poté jsem zvolil předběžnou velikost osové vzdálenosti. Následně jsem vypočetl teoretickou délku řemene, určil skutečnou délku řemene podle ISO 5296 [30] a zvolil přesnou délku řemene. Nakonec jsem vypočetl skutečnou osovou vzdálenost řemenic.



Obrázek 3.22 - Napínání řemenu

Výpočet roztečného průměru malé řemenice d_{w1} :

Počet zubů malé řemenice – $z_1 = 40$ [zubů],

rozteč zubů řemenu MXL 025 – $t = 2,032$ [mm],

$$d_{w1} = \frac{z_1 \cdot t}{\pi} \text{ [mm]}, \quad (1)$$

$$d_{w1} = \frac{40 \cdot 2,032}{\pi} \text{ [mm]},$$

$$\underline{d_{w1} = 25,872 \text{ [mm]}.}$$

Výpočet roztečného průměru velké řemenice d_{w2} :

Počet zubů velké řemenice – $z_2 = 100$ [zubů],

$$d_{w2} = \frac{z_2 \cdot t}{\pi} \text{ [mm]}, \quad (2)$$

$$d_{w2} = \frac{100 \cdot 2,032}{\pi} \text{ [mm]},$$

$$\underline{d_{w2} = 64,681 \text{ [mm]}.}$$

Volba předběžné osové vzdálenosti a' :

Roztečný průměr malé řemenice – $d_{w1} = 25,872$ [mm],

roztečný průměr velké řemenice – $d_{w2} = 64,681$ [mm],

$$0,5 \cdot (d_{w1} + d_{w2}) + 15 \text{ mm} < a' < 2 \cdot (d_{w1} + d_{w2}) \text{ [mm]}, \quad (3)$$

$$0,5 \cdot (25,872 + 64,681) + 15 \text{ mm} < a' < 2 \cdot (25,872 + 64,681) \text{ [mm]},$$

$$\underline{60,277 < a' < 181,106 \text{ [mm]}.}$$

Volím předběžnou osovou vzdálenost $a' = 80$ [mm].

Výpočet teoretické délky řemenu L'_w :

$$L'_w = 2 \cdot a' + 1,57 \cdot (d_{w1} + d_{w2}) + \frac{(d_{w2} - d_{w1})^2}{4 \cdot a'} \text{ [mm]}, \quad (4)$$

$$L'_w = 2 \cdot 80 + 1,57 \cdot (25,872 + 64,681) + \frac{(64,681 - 25,872)^2}{4 \cdot 80} \text{ [mm]},$$

$$\underline{L'_w = 306,858 \text{ [mm]}.}$$

Nyní jsem zaokrouhlil teoretickou délku řemene na skutečnou délku řemene dle ISO 5296 [30]. $L_w = 314,960$ [mm]. Zvolil jsem tedy ozubený řemen 1240 MXL 025.

Výpočet skutečné osové vzdálenosti a_{sk} :

$$a_{sk} = K + \sqrt{K^2 - \frac{(d_{w2} - d_{w1})^2}{8}} \text{ [mm]}, \quad (5)$$

$$a_{sk} = 43,153 + \sqrt{43,153^2 - \frac{(64,681 - 25,872)^2}{8}} \text{ [mm]},$$

$$\underline{a_{sk} = 84,066 \text{ [mm]}}.$$

kde K se vypočte následovně:

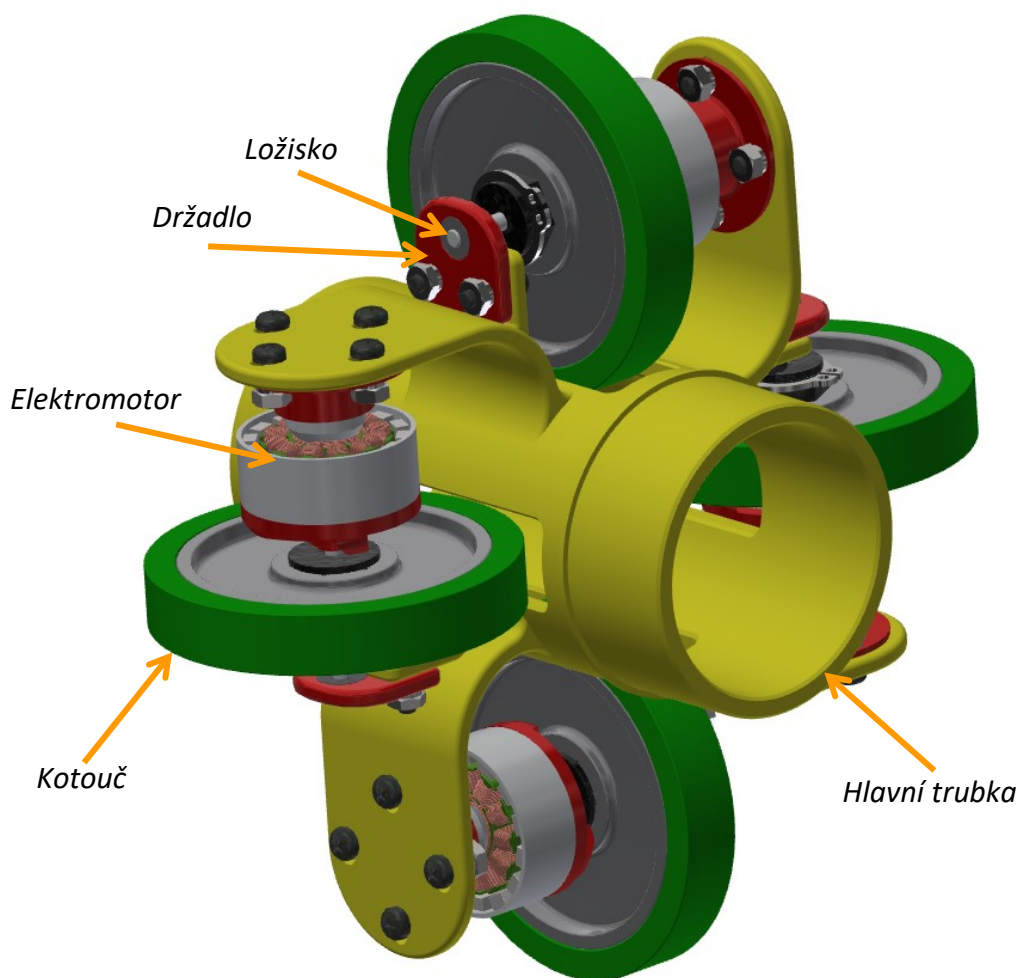
$$K = \frac{L_w}{4} - 0,393 \cdot (d_{w1} + d_{w2}) \text{ [mm]}, \quad (6)$$

$$K = \frac{314,960}{4} - 0,393 \cdot (25,872 + 64,681) \text{ [mm]},$$

$$\underline{K = 43,153 \text{ [mm]}}.$$

3.9 Vrhací hlava

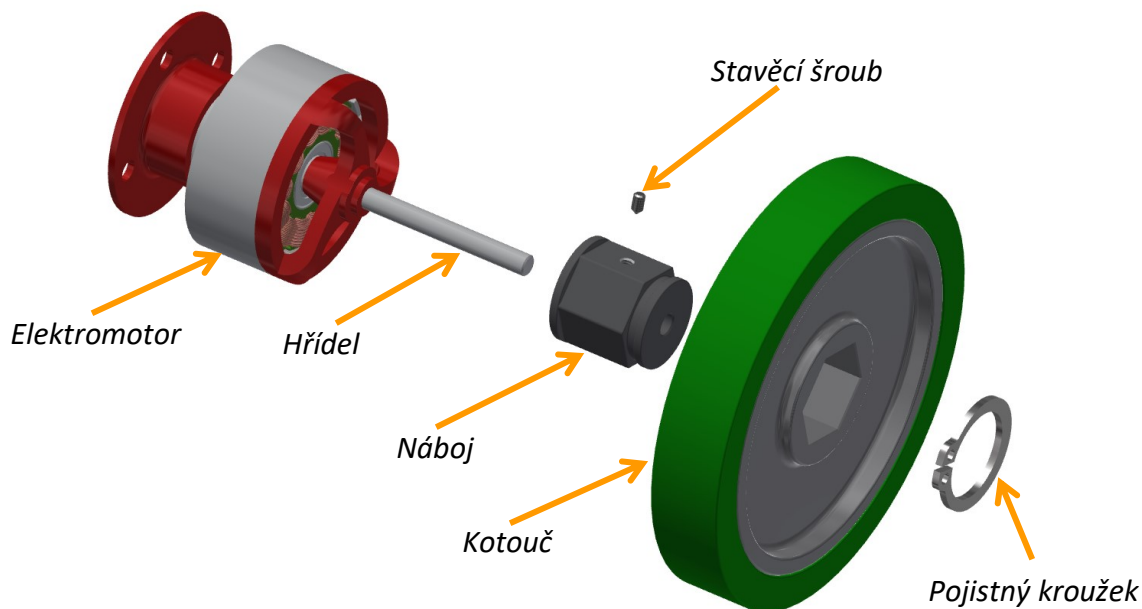
Jednou z posledních částí zařízení, o kterém jsem se ještě nezmínil je vrhací hlava (viz obr. 3.23). Tento komponent uděluje míčkům požadovanou rotaci a rychlost pomocí čtyř rotujících kotoučů. Různou kombinací rychlosti a směru otáčení kotoučů je možno dosáhnout potřebné rotace v míčku. Povrch těchto kotoučů je z gumového materiálu, proto je zaručeno roztočení míčku. Kotouče jsou roztáčeny pomocí elektromotoru. Vrhací hlava je spojena s otáčejícím mechanismem pomocí nákrůžku.



Obrázek 3.23 - Vrhací hlava

Hlavní trubka a držadla jsme navrhli z plastového ABS materiálu, který má tloušťku 3 [mm]. Střídavý elektromotor EMAX CF2822 [31] je upevněn k hlavní trubce pomocí šroubů ISO 7045 – M3x8, matic ČSN EN 24032 - M3 a pružných podložek ČSN 02 1740 – 3. Navrhnul jsme elektromotor, který vyvine dostatečně vysoké otáčky. Za jednu z výhod tohoto elektromotoru lze považovat to, že výstupní hřídel je měnitelná, proto jsem mohl navrhnout libovolnou délku hřídele. Na tuto hřídel je upevněn kotouč BaneBots Wheel

2-3/8" x 0.4" [32] včetně všech jeho částí jako náboj T40H [33], pojistný kroužek ČSN 02 2930 – 13 a stavěcí šroub ISO 4766 – M1,6x3. Náboj je nasazen na hřídel a přitáhnut stavěcím šroubem, následně je nasazen kotouč a jako poslední krok je nasazení pojistného kroužku (viz obr. 3.24).

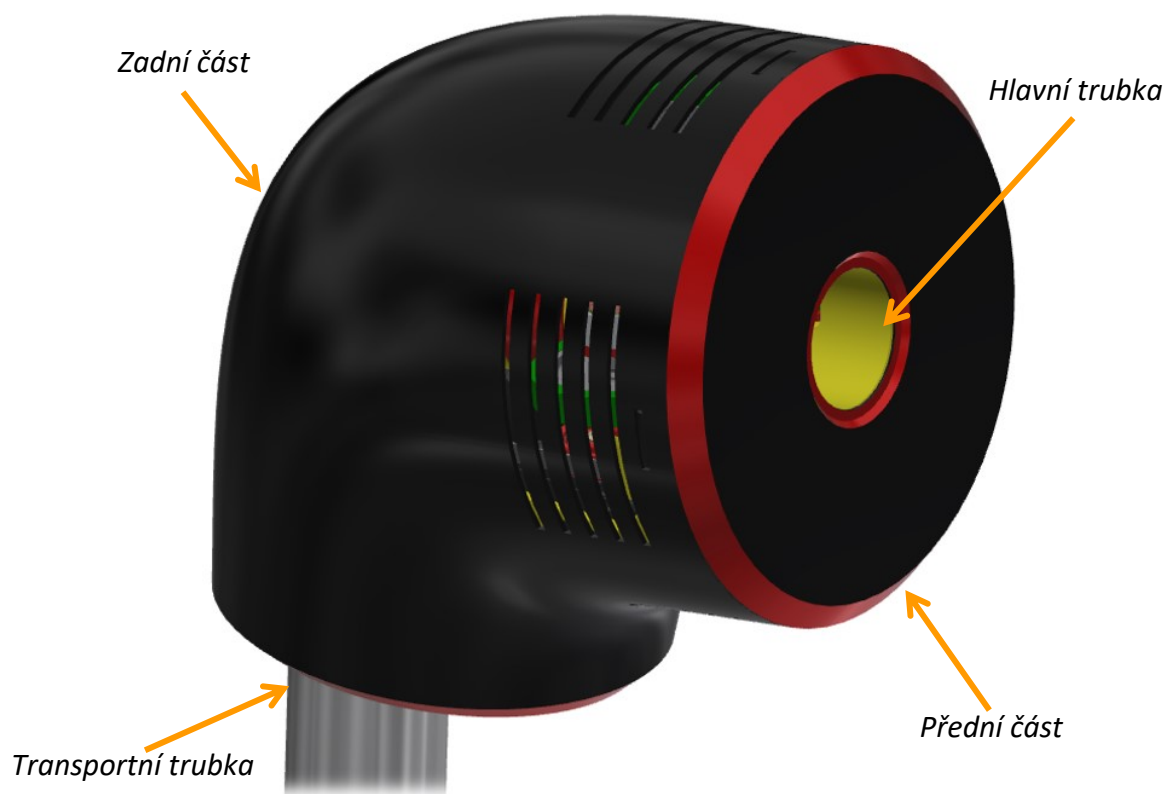


Obrázek 3.24 - Detail spojení kotouče s hřídelí

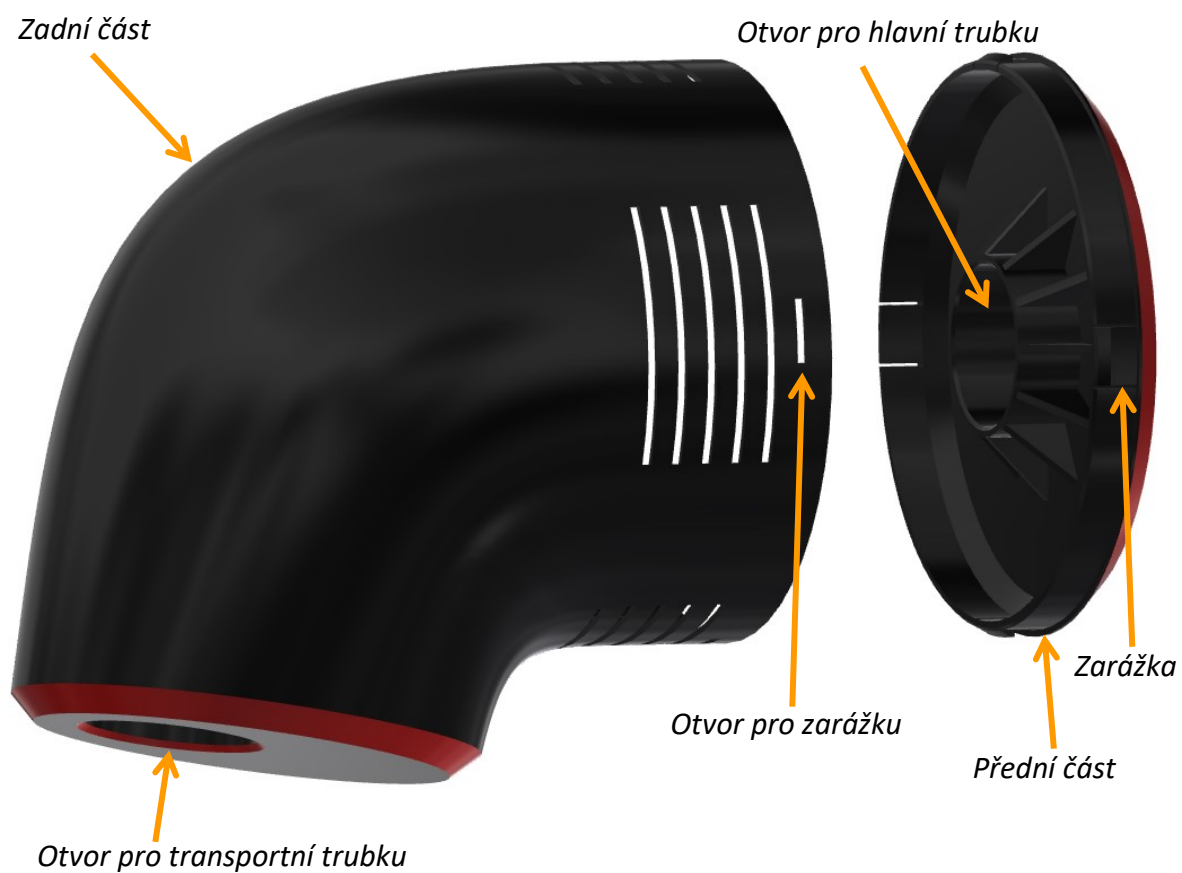
Hřídel je usazena v ložisku SKF W 638-3 R-2Z [34], které je nasazeno a přilepeno k držadlu. Držadlo je k hlavní trubce připevněno šrouby ISO 7045 – M3x8, maticemi ČSN EN 24032 - M3 a pružnými podložkami ČSN 02 1740 – 3. Kotouč lze výškově nastavit pomocí drážek v hlavní trubce (viz příloha D). Uživatel je tak schopen hrát jak s novým typem plastových míčků, tak i se starým typem míčků, které jsou menšího průměru.

3.10 Zakrytí vrhací hlavy

Ze přední strany hlavy je nasazeno zakrytí vrhací hlavy (viz obr. 3.25). Zakrytí se skládá ze dvou plastových dílů, které jsem navrhnul z plastového ABS materiálu. V zadní části se nachází několik podélných otvorů pro odvod přebytečného tepla od elektromotorů. Při instalaci zařízení je nejprve na transportní trubku volně nasazena zadní část zakrytování. Následovně na transportní trubku je pevně nasazen otáčející mechanismus a vrhací hlava. Nakonec je zepředu nasazena přední část zakrytování. Oba díly zakrytování jsou do sebe nasunuty a zajištěny čtyřmi plastovými záložkami (viz obr. 3.26).



Obrázek 3.25 - Zakrytí vrhací hlavy



Obrázek 3.26 - Detail zakrytí vrhací hlavy

4 Závěrečná doporučení

Konstrukční návrh vrhacího zařízení je již hotový. Nyní je potřeba zařízení vyrobit a ověřit, zda všechny navržené mechanismy a součásti vykonávají požadovanou funkci. Pokud by se zjistilo, že některé části zařízení nebyly správně navrženy, musí se vypracovat opravný návrh problémové součásti a následně znovu otestovat v provozu. Ovšem, aby zařízení vůbec začalo vrhat míčky je potřeba provést několik dalších nezbytných kroků.

K správnému chodu zařízení je nutné mít odladěný software. Tím je myšleno správné nastavení otáček všech motorků, tak aby byl vrhnut míček o požadovaných vlastnostech. Osobně bych vynaložil zvýšenou pozornost na sladění motorků ve vrhací hlavě, kde je nutné mít určitou kombinaci rychlostí otáček kotoučů, tak aby byl vržen míček o dané rotaci a rychlosti.

Ovládání zařízení je dalším nezbytným krokem, který se musí provést. Představuji si ovládání pomocí aplikace v chytrém mobilním telefonu či tabletu. Kdy uživatel v aplikaci zadá všechny parametry, které mají mít vržené míčky. Tím myslím druh rotace míčku, rychlost, pozice umístění na stole, frekvence vrhání a podobně. Zároveň by si uživatel mohl navolit sérii několika vržených míčků o různých parametrech. Vrhací zařízení by bylo spojeno s mobilní aplikací pomocí Bluetooth, Wi-Fi, nebo podobného bezdrátového připojení. Důležité je, aby ovládání bylo maximálně pohodlné pro uživatele.

V neposlední řadě je potřeba navrhnout elektrické rozvody a vše okolo napájení vrhacího zařízení. Určitě stojí za úvahu použití proudového chrániče, tak aby nedošlo k poškození elektromotorů při přepětí v elektrické síti.

Zařízení by se dalo v budoucnu vylepšit například o snímací kameru na vrhací hlavě. Uživatel by si mohl během nebo i po tréninku provést rozbor úderové techniky. Tato kamera by se dala také využít pro snímání míčků. Myšleno kolik míčků uživatel odehrál zpět na hrací stůl. Daly by se vytvořit určité statistiky o jednotlivých úderech. Například jaký úder je pro daného hráče nejproblematictější nebo naopak úder který zvládá nejlépe. Tento nápad jsem dosud nikde nezaznamenal, tudíž zde je cesta jistě neprošlápaná.

5 Závěr

V této bakalářské práci jsem se zabíral konstrukčním návrhem zařízení pro vrhání míčků na stolní tenis.

Na samém začátku práce jsem se snažil seznámit čtenáře s problematikou profesionálního stolního tenisu, neboť je to nezbytné pro úplné pochopení této práce. Následně jsem pro představu zobrazil a popsal několik typů vrhacích zařízení.

V druhé kapitole jsem vybíral nejlepší variantu řešení ze tří navržených. Použil jsem Obecný model postupu při konstruování vydaný od pana Vladimíra Hubky. Výstupem této kapitoly bylo určení vítězné varianty řešení podle předem určených kritérií a hrubá stavební struktura zařízení.

Po spíše teoretickém úvodu práce jsem volně navázal praktickou částí, kde jsem se zabýval samotným návrhem vrhacího zařízení. Na začátku jsem zobrazil zkompleťované zařízení a popsal jednotlivé části, které jsem podrobně rozebíral v průběhu celé kapitoly. Důraz jsem kladl i na přehledné znázornění dílčích komponentů, tak aby čtenář mohl vše rychle a jednoznačně pochopit. Také nechybí vysvětlení a ukázka, jak mé navržené zařízení funguje. Na uchycení zařízení jsem provedl pevnostní analýzu pomocí metody konečných prvků. Poté jsem napsal doporučení, které je třeba provést pro bezproblémové fungování zařízení a také je zmíněno, jak je možné toto zařízení v budoucnu vylepšit.

Závěrem bych chtěl říct, že jsem splnil všechny požadavky, které byly kladeny na vrhací zařízení. Velkou výhodou při konstruování zařízení bylo, že jako dlouholetý hráč stolního tenisu jsem přesně věděl, jaké funkce musí zařízení splňovat. Nutno podotknout, že vždy se dá najít část nebo prvek zařízení, který lze ještě vylepšit či navrhnout lépe.

Poděkování

Na závěr bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Tomáši Haplovi z Katedry výrobních strojů a zařízení. Především za odbornou pomoc, cenné rady, připomínky a veškerý věnovaný čas během zpracovávání bakalářské práce. Dále velké poděkování patří přátelům, rodičům, známým a všem ostatním, kteří mne podporovali při vytváření bakalářské práce.

6 Seznam literatury

- [1] KALÁB, K. Části a mechanismy strojů pro bakaláře – části spojovací. Ostrava: Ediční středisko VŠB Ostrava, 2007, 90 s. ISBN 978-80-248-1290-8.
- [2] ŠVEC, V. Části a mechanismy strojů – příklady. Praha: ČVUT, 2008, 122 s. ISBN 978-80-01-04137-6.
- [3] LEINVEBER, J., VÁVRA, P. Strojnické tabulky. Úvaly: Albra, 2003, 888 s. ISBN 80-86490-74-2.
- [4] HUBKA V., Konstrukční nauka – Obecný model postupu při konstruování. Zürich: Heureka, 1992, 118 s. ISBN 80-901135-0-8.
- [5] KŘÍŽ, R., VÁVRA, P. Strojírenská příručka – části strojů a převody (2.část). Praha: Scientia, 1995, 291 s. ISBN 80-85827-88-3.
- [6] Velikost rotace v míčku [online]. [cit. 2018-03-01]. Dostupné z: <http://protabletennis.net/content/table-tennis-fastest-ball-sport>.
- [7] Informace o Joola TT Buddy Pro V300 [online]. [cit. 2018-03-01]. Dostupné z: <https://www.vsenastolnitenis.cz/cz/roboty/joola-tt-buddy-pro-v300-16751402>.
- [8] Joola TT Buddy Pro V300 [online]. [cit. 2018-03-01]. Dostupné z: https://bribartt.co.uk/wp-content/uploads/21129-buddy-pro-v300-1_1.jpg.
- [9] Informace o Practice Partner 20 [online]. [cit. 2018-03-01]. Dostupné z: https://www.homeleisuredirect.com/table_tennis_accessories/table-tennis-robots/practice-partner-20-robot.html.
- [10] Practice Partner 20 [online]. [cit. 2018-03-01]. Dostupné z: <https://www.sportswarehouse.co.uk/media/catalog/product/cache/image/e9c3970ab036de70892d86c6d221abfe/p/r/practice-partner-20-1.jpg>.
- [11] Informace o Donic Robopong 2050 [online]. [cit. 2018-03-01]. Dostupné z: <https://www.vsenastolnitenis.cz/cz/roboty/donic-robopong-2050-14751205>.

- [12] Donic Robopong 2050 [online]. [cit. 2018-03-01]. Dostupné z: <http://www.tischtennisplatte-kaufen.com/wp-content/uploads/2015/08/Donic-Newgy-RoboPong-2050.jpg>.
- [13] Informace o Oukei TW-2700-S9 [online]. [cit. 2018-03-01]. Dostupné z: <https://www.megaspin.net/store/default.asp?pid=oukei-tw-2700-s9>.
- [14] Oukei TW-2700-S9 [online]. [cit. 2018-03-01]. Dostupné z: http://oneofakindtrading.com.au/AMDT_a-tw2700-s9-200.jpg.
- [15] Informace o Paddle Palace A32W Pro [online]. [cit. 2018-03-01]. Dostupné z: <http://www.paddlepalace.com/Paddle-Palace-A32W-PRO/productinfo/OPVA3/>.
- [16] Paddle Palace A32W Pro [online]. [cit. 2018-03-01]. Dostupné z: https://www.megaspin.net/store/images/products/zoom_pp-a23w-pro.jpg?1.
- [17] Informace o Butterfly Amicus Professional [online]. [cit. 2018-03-01]. Dostupné z: <https://en.butterfly.tt/amicus>.
- [18] Butterfly Amicus Professional [online]. [cit. 2018-03-01]. Dostupné z: <http://www.teessport.com/images/products/zoom/1457522256-41876900.png>.
- [19] 3D model hracího stolu na stolní tenis [online]. [cit. 2018-03-01]. Dostupné z: <https://grabcad.com/library/stiga-table-for-table-tennis-1>.
- [20] Motor č.2 WALFRONT ROHS100 [online]. [cit. 2018-03-01]. Dostupné z: <https://www.amazon.com/Electric-Torque-30RPM-500RPM-Output-Threaded/dp/B077W8CYFK>.
- [21] Kuličkové ložisko SKF W 627/3 R-2Z [online]. [cit. 2018-03-01]. Dostupné z: <http://www.skf.com/cz/products/bearings-units-housings/ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/index.html?designation=W%20627%2F3%20R-2Z>.
- [22] Motor č.1 Uxcell [online]. [cit. 2018-03-01]. Dostupné z: <https://goo.gl/Nj1WrA>.

- [23] Kluzné ložisko plastové Igligur [online]. [cit. 2018-03-01]. Dostupné z: https://www.hennlich.cz/fileadmin/user_upload/KATEGORIEN/Gleitlager/iglidur_J/Dokumente/cz_Gleitlager_Iglidur_J.pdf.
- [24] Technická tkanina NYLON 210D/116T [online]. [cit. 2018-03-01]. Dostupné z: http://www.metrax-kortexin.cz/fotky46527/fotov/46527_301_46527_298_ps_66materialova-karta-nylon-210D_116T_PVCsoftplain.pdf.
- [25] Suchý zip 3M Dual-Lock SJ 3550 [online]. [cit. 2018-03-01]. Dostupné z: https://shop.arango.cz/_obchody/3m.shop5.cz/soubory/suche-zipy.pdf.
- [26] Síťovina 72-06 [online]. [cit. 2018-03-01]. Dostupné z: http://www.metrax-kortexin.cz/Sitovina-72-06-cernad37_267138.htm?tab=description.
- [27] Servomotor HS-485HB [online]. [cit. 2018-03-01]. Dostupné z: http://hitecrcd.com/files/20571_hi_tec_catalog_final.pdf.
- [28] Axiální kuličkové ložisko SKF 51110 [online]. [cit. 2018-03-01]. Dostupné z: <http://www.skf.com/cz/products/bearings-units-housings/ball-bearings/thrust-ball-bearings/single-direction/index.html?designation=51109&unit=metricUnit>.
- [29] Radiální kuličkové ložisko SKF W61710-2RS1 [online]. [cit. 2018-03-01]. Dostupné z: <http://www.skf.com/cz/products/bearings-units-housings/ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/index.html?designation=W%2061710-2RS1&unit=metricUnit>.
- [30] Řemen MXL 025 [online]. [cit. 2018-03-01]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/14236333-185h075-185h100-185h150-185h200-225-h.html>.
- [31] Střídavý elektromotor EMAX CF2822 [online]. [cit. 2018-03-01]. Dostupné z: https://www.mojerc.cz/motor-emax-cf2822-1200kv_p96864.
- [32] BaneBots Wheel 2-3/8" x 0.4" [online]. [cit. 2018-03-01]. Dostupné z: <https://www.robotshop.com/en/ban-90-green-wheel.html>.
- [33] Náboj T40H [online]. [cit. 2018-03-01]. Dostupné z: <http://www.banebots.com/product/T40H-SM31.html>.

- [34] Radiální kuličkové ložisko SKF W 638-3 R-2Z [cit. 2018-03-01]. Dostupné z: <http://www.skf.com/cz/products/bearings-units-housings/ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/index.html?designation=W%20638/3%20R-2Z>.
- [35] 3D model motoru č.1 Uxcell [online]. [cit. 2018-03-01]. Dostupné z: <https://grabcad.com/library/ts-32gz370-5300-geared-dc-motor-6v-1-rpm-37-5-kg-cm-1>.

7 Seznam příloh

Doplňující obrázky:

- Příloha A: Rozložené uchycení zařízení
- Příloha B: Detail manuálně zadaného vázaného dotyku
- Příloha C: Způsob uchycení konstrukce
- Příloha D: Drážky pro nastavení výšky kotouče

Výkresová dokumentace:

- Příloha E: PUS0054-A2-001 – SESTAVA VRHACÍHO ZAŘÍZENÍ
- Příloha F: PUS0054-A3-002 – PODSESTAVA VRHACÍ HLAVY
- Příloha G: PUS0054-A2-003 – PODSESTAVA OTÁČEJÍCÍHO MECHANISMU
- Příloha H: PUS0054-A2-004 – PODSESTAVA HNACÍHO MECHANISMU
- Příloha I: PUS0054-A3-005 – SVAŘOVANÁ SESTAVA TRANSPORTNÍ TRUBKY
- Příloha J: PUS0054-A4-006 – VÝROBNÍ VÝKRES PŘÍRUBY

Zvláštní příloha – datové CD:

- Příloha K: 3D model v programu Autodesk Inventor 2018
- Příloha L: Bakalářská práce

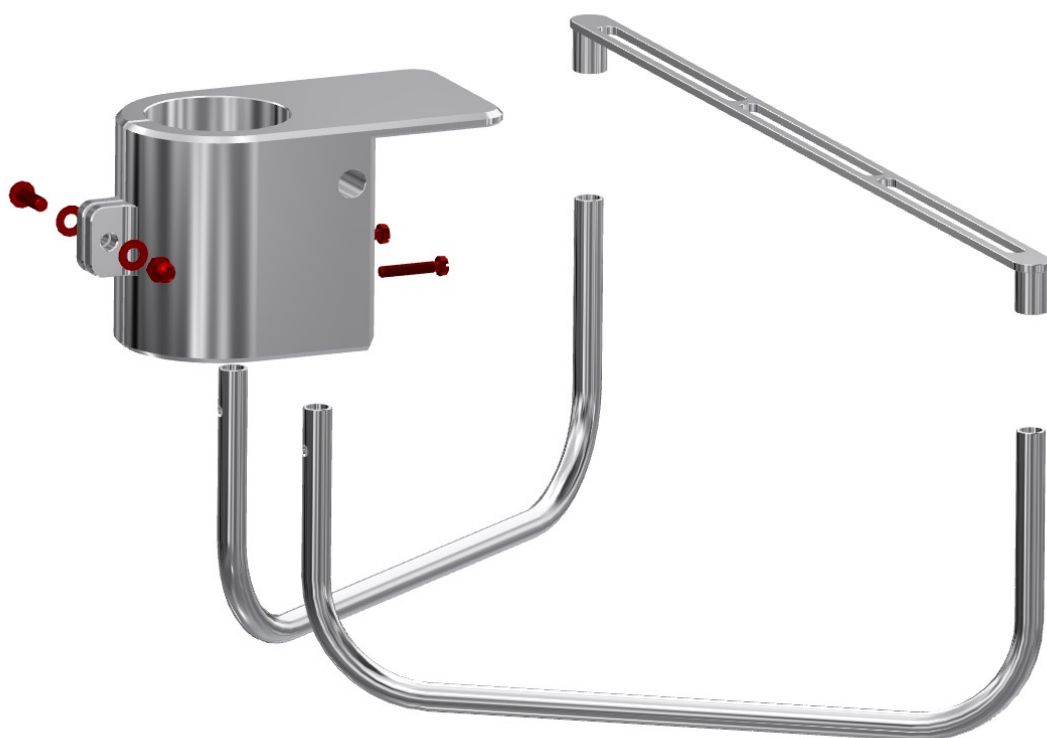
8 Seznam ilustrací a tabulek

<u>Číslo ilustrace</u>	<u>Název Ilustrace</u>	<u>Číslo stránky</u>
1.1	Základní druhy rotací míčku	11
1.2	Trajektorie letu míčku	12
1.3	Joola TT Buddy Pro V300	13
1.4	Practice Partner 20	14
1.5	Donic Robopong 2050	15
1.6	Oukei TW-2700-S9	16
1.7	Paddle Palace A32W Pro	17
1.8	Butterfly Amicus Professional	18
2.1	Černá skříňka	25
2.2	Základní hierarchický strom	26
2.3	Varianta řešení A	28
2.4	Varianta řešení B	28
2.5	Varianta řešení C	28
2.6	Hrubá stavební struktura	29
3.1	Celkový návrh zařízení včetně hracího stolu	30
3.2	Popis jednotlivých částí vrhacího zařízení	31
3.3	Obecný popis fungování vrhacího zařízení	32
3.4	Popis principu vrhacího zařízení	32
3.5	Uchycení zařízení	33
3.6	Nastavení parametrů MKP analýzy	34
3.7	Výsledky MKP analýzy	35

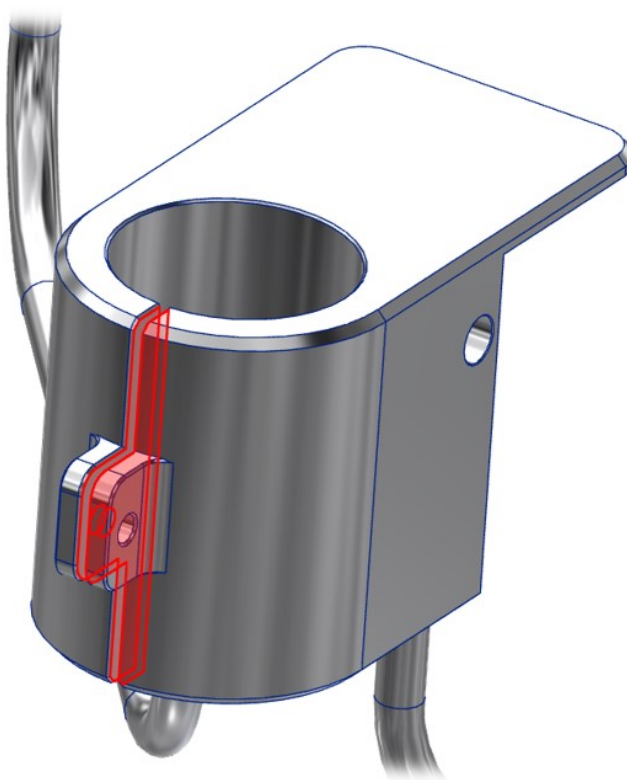
3.8	Detail místa maximálního napětí	35
3.9	Posunutí v ose Z	36
3.10	Vykreslení konvergence	36
3.11	Transportní trubka pro míčky	37
3.12	Celkový pohled hnací soustavy míčků	38
3.13	Princip fungování hnací soustavy	39
3.14	Klika a píst	39
3.15	Způsob uchycení krycího plastu	40
3.16	Zásobník na míčky	41
3.17	Detail přichycení tkaniny ke konstrukci	42
3.18	Zachytávací síť	43
3.19	Detail nasazení držáku na sítku	43
3.20	Otáčející mechanismus	44
3.21	Řez otáčejícího mechanismu	45
3.22	Napínání řemenu	46
3.23	Vrhací hlava	49
3.24	Detail spojení kotouče s hřídelí	50
3.25	Zakrytí vrhací hlavy	51
3.26	Detail zakrytí vrhací hlavy	51

<u>Číslo tabulky</u>	<u>Název tabulky</u>	<u>Číslo stránky</u>
1	Morfologická matice	27
2	Výběr nejlepší varianty řešení	29

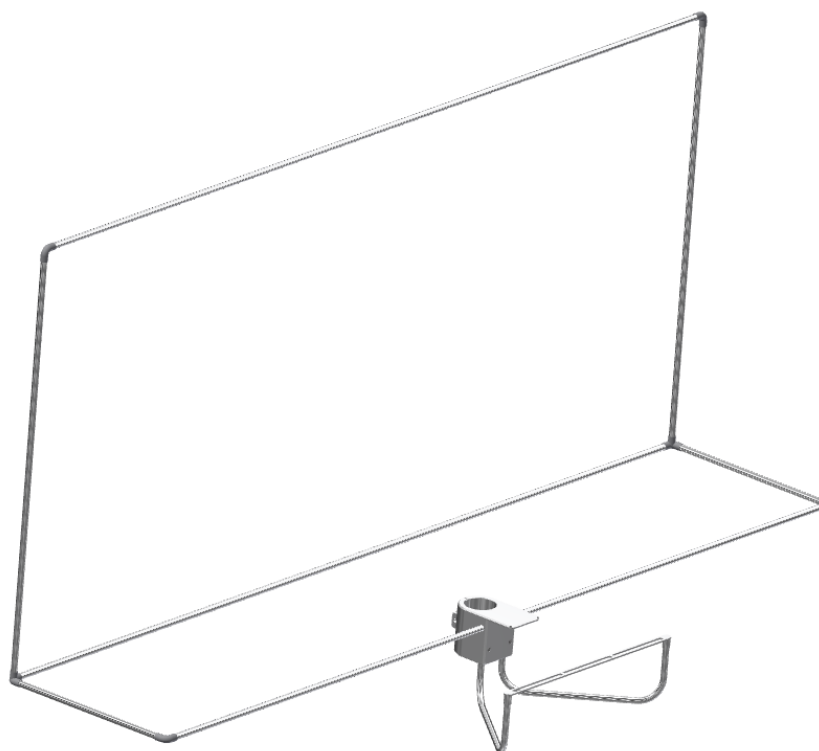
Příloha A: Rozložené uchycení zařízení



Příloha B: Detail manuálně zadaného vázaného dotyku



Příloha C: Způsob uchycení konstrukce



Příloha D: Drážky pro nastavení výšky kotouče

